

Susanna Kankus

Anturikomponentin kokoonpanolinjan ulkoistamisprosessi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tuotantotalouden koulutusohjelma

Insinöörityö

3.3.2016

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Susanna Kankus Anturikomponentin kokoonpanolinjan ulkoistamisprosessi 47 sivua 3.3.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Tuotantotalous
Suuntautumisvaihtoehto	Tilaus-toimitusketjujen hallinta
Ohjaajat	Lehtori Jarmo Toivanen Sr. Manager, Supply Chain Management Mika Sahlberg
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli selvittää, miten anturikomponentin kokoonpanon ulkoistaminen vaikuttaa tuotannonohjaukseen ja niihin liittyviin prosesseihin. Työ tehtiin vantaalaiselle elektroniikka-alan yritykselle, joka valmistaa erilaisia anturikomponentteja pääasiassa autoteollisuuden tarpeisiin.</p> <p>Yritys on kehittänyt uudentyyppisen anturikomponentin, jonka valmistus ei onnistunut nykyisillä tuotantolinjoilla. Tästä syystä yritys oli päättänyt ratkaisuun ulkoistaa anturikomponentin kokoonpano. Työssä selvitettiin, miten tiettyyn ulkoistusratkaisuun oli päädytty ja millaisia muutoksia tarvittiin tuotannonohjausjärjestelmään. Tarkoituksen oli muodostaa kattava kokonaiskuva ulkoistuskuviosta ja sen aiheuttamista muutoksista.</p> <p>Työn aluksi syvennettiin alaa koskevaan teoriaan ja tämän jälkeen selvitettiin, millaiset prosessit ja järjestelmät yrityksellä on tuotannonohjauksessa käytössä. Selvisi, että tuotannonohjausjärjestelmää ei tarvitse uusia kokonaan, vaan sinne voidaan rakentaa virtuaalinen tuotantolinja. Alihankkijalla tapahtuvaa tuotantoa pystytään seuraamaan reaaliaikaisesti, kun järjestelmät integroidaan. Tuotantolinjaa pystytään ohjamaan samalla tavalla kuin jo olemassa olevia tuotantolinjoja. Prosesseihin tuli muutoksia vain ulkoistuksen osalta.</p>	
Avainsanat	Toiminnanohjaus, tuotannonsuunnittelu, ulkoistus

Author Title Number of Pages Date	Susanna Kankus The sensor component assembly line outsourcing 47 pages 3 March 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Industrial Management
Specialisation option	Supply Chain Management
Instructors	Jarmo Toivanen, Lecturer Mika Sahlberg, Sr. Manager, Supply Chain Management
<p>The purpose of the thesis was to find out how outsourcing the sensor component assembly affected production management and related processes. This thesis was an assignment from an electronics company located in Vantaa. They manufacture a variety of sensor components mainly for the automotive industry.</p> <p>The company has developed a new type of sensor component, but the production was not possible in the existing production lines. This led to a solution to outsource the assembly line. One goal of this thesis was to form an inclusive view of the state of outsourcing and the changes it required.</p> <p>In the project the theory of the field was initially explored and the processes and systems the company did use with production management were examined. It turned out that the production control system did not need to be renewed completely, but a virtual production line could be built. Production in the subcontractor can be monitored in real time when the systems are integrated. The production line can be supervised in the same way as the already existing production lines. The processes remained almost the same and changes were made only in the case of outsourcing.</p>	
Keywords	production management, outsourcing

Sisällys

Lyhenteet

1 Johdanto	1
2 Toiminnanohjauksen perusteet	2
2.1 Toiminnanohjauksen merkitys yritykselle	2
2.2 Tuotantomuodot	4
2.3 Ohjausvaihtoehdot	5
2.4 Toiminnanohjauksen tavoitteet	9
2.5 Kapasiteetti, läpäisy aika	10
2.6 Toiminnanohjausprosessit	12
3 Tuotannonohjauksen periaatteita	14
3.1 Lean-filosofia	14
3.1 Kaizen-filosofia	15
4 Tuotannonsuunnittelu	17
4.1 Kokonaissuunnittelu	18
4.2 Karkeasuunnittelu	18
4.3 Hienosuunnittelu	19
4.4 Valmistuksenohjaus	21
5 Kokoonpanon ulkoistaminen	23
5.1 Ulkoistaminen	23
5.2 Murata Electronics Oy	23
5.3 Toiminnanohjauksen nykytilanne	25
5.4 Tuotannonsuunnittelun nykytilanne	26
5.5 Toiminnanohjaus tulevaisuudessa	35
5.6 Tuotannonsuunnittelu tulevaisuudessa	36
5.7 Tulokset	41
5.8 Johtopäätelmät	42
6 Yhteenveto	44
Lähteet	46

Lyhenteet

ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> , toiminnanohjausjärjestelmä
MRP	<i>Materials Requirement Planning</i> , materiaalisuunnittelujärjestelmä
MTO	<i>Manufacture-To-Order</i> tai <i>Make-To-Order</i> , tilausohjautuva tuotanto
BTO	<i>Build-To-Order</i> , tilausohjautuva tuotanto
ATO	<i>Assemble-To-Order</i> , asiakasohjautuva kokoonpano
DTO	<i>Design-To-Order</i> , asiakasohjautuva tuotesuunnittelu
ETO	<i>Engineer-To-Order</i> , asiakasohjautuva tuotesuunnittelu
MTS	<i>Make-To-Stock</i> , varasto-ohjautuva tuotanto
BTF	<i>Build-To-Forecast</i> , varasto-ohjautuva tuotanto
OPP	<i>Order Penetration Point</i> , asiakastilauksen kohdentamispiste
KET	Keskeneräinen tuotanto
CDP	<i>Customer Demand Planning</i> , asiakastarpeiden suunnittelu
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i> , jatkuvan parantamisen menetelmä
FIFO	<i>First-In-First-Out</i> , saapumisjärjestys
JIT	<i>Just-In-Time</i> , tuotantoperiaate
MFI	<i>Murata Electronics Oy</i> (Murata-konsernin sisäinen lyhenne)
MEMS	<i>Micro Electro Mechanical Systems</i> , mikroelektromekaaninen järjestelmä

EDI	<i>Electronic Data Interchange</i> , elektroninen tiedonsiirto
UPH	<i>Units Per Hour</i> , valmistusmäärä kappaletta/tunti
EM	<i>Element Manufacturing</i> , elementtivalmistus
CM	<i>Component Manufacturing</i> , komponenttivalmistus
ASIC	<i>Application Specific Integrated Circuit</i> , sovelluskohtainen mikropiiri
BOM	<i>Bill Of Materials</i> , tuoterakenteen mukainen osaluettelo
MES	<i>Manufacturing Execution System</i> , tuotannonohjausjärjestelmä
PDAM	Muratan MES-järjestelmä
ASN	<i>Advance Shipping Notification</i> , tiedonanto tulossa olevista tilauksista, EDI-viesti
CMI	<i>Customer Managed Inventory</i> , asiakkaan hallitsema kaupintavarasto
VMI	<i>Vendor Managed Inventory</i> , tavarantoimittajan hallitsema kaupintavarasto

1 Johdanto

Insinööriyön tavoitteena on selvittää, miten yrityksen anturikomponentin ulkoistamisratkaisu vaikuttaa yrityksen toiminnanohjaukseen ja tuotannonsuunnitteluun. Työssä syvennyttään tarkastelemaan muutoksia etenkin tuotannonohjausjärjestelmän kannalta.

Insinööriyö toteutetaan Murata Electronics Oy:lle. Yritys on kehittänyt kokoonpanovaltaan uudentyyppisen anturikomponentin. Tuotteen kokoonpano ei onnistu olemassa olevalla tuotantolinjalla, eikä yrityksellä ole mahdollisuuksia laajentaa tuotantolinjoja. Tämän perusteella Murata on päätenyt ratkaisuun, jossa anturikomponentin kokoonpano ulkoistetaan alihankkijalle.

Insinööriyöraportti rakentuu neljästä osiosta. Ensimmäisessä osiossa käydään läpi toiminnanohjauksen, tuotannonohjauksen, suunnittelun ja ulkoistamisen teoriaa ja periaatteita. Toinen osio pitää sisällään yrityksen esittelyn ja kattavan kuvauksen yrityksen toiminnanohjauksen ja tuotannonsuunnittelun nykytilasta. Kolmas osio sisältää ulkoistamisratkaisun vaikutukset sekä toiminnanohjaukseen että tuotannonsuunnitteluun. Viimeisessä osiossa käydään läpi tuloksia, johtopäätöksiä sekä yhteenveto.

Työn teoriaosuus pohjautuu alan kirjallisuuteen. Yritystä koskeva osio perustuu yrityksen sisäisiin julkaisuihin ja muihin materiaaleihin, sekä henkilöstön haastatteluihin.

2 Toiminnanohjauksen perusteet

Toiminnanohjaus on tärkeä osa yrityksen toimintaa. Sen avulla suunnitellaan ja hallitaan yrityksen eri toimintoja ja tehtäviä. Toiminnanohjaus on yleisesti korvannut tuotannonohjauksen, koska yrityksen on kyettävä ohjaamaan tuotannon ohella muitakin osioita, kuten myyntiä, logistiikkaa, hankintoja ja tuotesuunnittelua. Valmistuksenohjaus taas sisältää tuotteiden valmistuksen suunnittelun ja ohjauksen. Ohjaus on käytännössä erilaisten toimintojen suunnittelu-, valmistus- ja materiaalinkäsittelytehtäviä. Tavoitteena on ohjata toimintaa siten, että yrityksen itselleen asettamat tavoitteet saavutetaan parhaalla mahdollisella tavalla. [Haverila ym. 2009: 397.]

Yksi toiminnanohjauksen tärkeimmistä asioista on hallita toiminnasta muodostuneita, usein varsin laajoja tietokokonaisuuksia. On tärkeää, että organisaatiossa syntynyt, relevantti tieto löytyy yhdestä paikasta. Tällöin tietoa voidaan käyttää yrityksen tuotannon suunnittelun ja päätöksenteon tukena. [Slack ym. 2010: 406.]

2.1 Toiminnanohjauksen merkitys yritykselle

ERP (Enterprise Resource Planning) -toiminnanohjausjärjestelmät ovat nykyään elintärkeä osa yritysten liiketoimintaa. Kiristynyt globaali kilpailu edellyttää yrityksiltä entistä taloudellisempaa ja tehokkaampaa toimintaa, johon hyvin toimiva toiminnanohjausjärjestelmä on ehdoton edellytys. ERP-järjestelmän hankinnan voidaan ajatella olevan rahallinen panostus yrityksen kilpailukykyyn ja kannattavuuteen. Toimiva ja oikeinmitoitettu ERP-järjestelmä luo yritykselle joustavampaa, luotettavampaa ja ketterämpää toimintaa.

Nykyään ERP-toiminnanohjausjärjestelmät ovat osa niin PK-sektorin kuin isojen yritysten arkipäivää. Verrattuna entisaikojen massiivisiin ja kankeisiin järjestelmiin nykyaikaiset toiminnanohjausjärjestelmät ovat ketteriä ja helposti käytettäviä myös pienille ja keskisuurille yrityksille. Järjestelmätoimittajat ovat huomanneet kasvavan kysynnän, ja järjestelmien hankintakustannukset ovatkin laskeneet. Järjestelmien moduulipohjainen rakenne ja integroitavuus mahdollistavat niiden käytön kaikenkokoisissa yrityksissä. Vaihtoehtoja on omaksi ostettavasta lisenssistä verkkopohjaiseen ratkaisuun. Järjestelmä voidaan asentaa omalle tai palveluntarjoajan palvelimelle. [ERP Toiminnanohjausjärjestelmän ostajan opas PK-yrityksille 2013: 3–7.]

ERP-järjestelmä syntyi MRP (Materials Requirement Planning) -ajattelun pohjalta. MRP on materiaaliarvesuunnittelun prosessi, jonka perusteella yritys pystyi laskemaan valmistuksen volyymia ja ajoitusta. MRP:n käyttö yleistyi 1970-luvulla, jolloin sen suosioon vaikutti etenkin tietokoneiden pohjalta tapahtuvan tietojenkäsittelyn yleistyminen. Seuraavan sukupolven MRP II sai alkunsa 1980-luvulla, kun LAN-teknologia mahdollisti järjestelmän kehittymisen. MRP/MRP II:n vahvuus oli sen kyky mallintaa ”mitä jos” -skenaarioita. Järjestelmällä pystyttiin tutkimaan muutosten vaikutuksia toimintaan. Sama periaate on myös ERP:n pohjalla, joskin laajemmassa määrin.

ERP voidaan määritellä seuraavalla tavalla:

”ERP on täydellinen yrityksenlaajuinen liiketoimintaratkaisu. ERP-järjestelmä koostuu tietojärjestelmää tukevista moduuleista, kuten

- myynti ja markkinointi
- toimialapalvelut
- tuotekehitys ja -design
- tuotanto ja varastonhallinta
- hankinta
- jakelu
- tuotantolaitteiston hallinta
- prosessikehitys ja -suunnittelu
- valmistus
- laatu
- henkilöstöhallinta
- talous
- rahoitus
- tilinpito
- IT-palvelut.

Integraatio moduuleiden välillä toimii ilman tiedon kahdentamista”. [Slack ym. 2010: 408–409.]

2.2 Tuotantomuodot

Tuotantomuoto riippuu yrityksen toimialasta, valmistettavista tuotteista ja asiakastarpeista. Valittu tuotantomuoto puolestaan määrittelee tuotantojärjestelmän ominaisuudet ja toiminnanohjauksen periaatteet. Tuotantomuodon valinta voidaan toteuttaa tuotteen, valmistusaloitteen tai valmistusprosessin jatkuvuuden mukaan.

Tuotteet voidaan jaotella vakio- ja tilaustuotteisiin. Vakiotuotteen sisältö vaihtelee vain vähän, eikä valmistuksen aloittaminen vaadi varsinaista tuotesuunnittelua. Asiakkaalla ei ole mahdollisuutta vaikuttaa tuotteen ominaisuuksiin. Pääosa kulutustavaroista on vakiotuotteita. Tilaustuotteet ovat ainutlaatuisia, asiakasta varten suunniteltuja tuotteita. Asiakkaalla on mahdollisuus vaikuttaa ainakin jossain määrin tuotteen ominaisuuksiin.

Tuotanto voidaan jakaa varasto- tai asiakasohjautuvaksi. Tällöin valmistusaloite muodostuu tuotevaraston täydennystarpeen mukaan. Vakiotuotteet ovat yleensä varasto-ohjautuvia. Asiakasohjautuva tuotanto aloitetaan asiakkaan tilausten mukaan. Koska tuotteen ominaisuudet määritellään vasta tilausvaiheessa, ei tuotteita voida valmistaa valmiiksi varastoon. Vakiotuotteita on myös mahdollista valmistaa asiakasohjautuvasti. Tällöin tuotteen valmistuksen läpimenoajan on oltava lyhyempi kuin asiakkaan vaatima toimitusaika. Toisinaan vakiotuotteita on olemassa niin monta eri variaatiota, ettei niitä kannata sellaisenaan valmistaa varastoon, vaan ne varastoidaan puolivalmisteina ja valmistetaan loppuun asiakkaan tilausten mukaan.

Tuotantoerän koon mukaan tuotanto voidaan jakaa yksittäis-, sarja- ja yhtenäistuotantoon. Yksittäistuotanto tarkoittaa yhden tuotteen valmistusta. Tuotantotapa koskee varsinkin ainutkertaisia tuotteita, kuten esimerkiksi laivanrakennusta tai pienimenekkisiä tuotteita, joita ei haluta varastoida tai ei pystytä varastoimaan. Sarjatuotanto tarkoittaa erä kerrallaan valmistamista. Tuotantoa saadaan tehostettua asetusajkojen vähentymisellä, tuotteen vaihdosta johtuvien kustannusten alenemisella, kapasiteettihäviön pienemisellä sekä töiden toistuvuuteen perustuvalla oppimisella. Usein tuotteet valmistetaan samalla tuotantolinjalla, koska yhden tuotteen valmistusmäärät eivät ole riittävän suuria oman tuotantolinjan perustamiseen. Yhtenäistuotannossa valmistetaan pitkiä aikoja samaa tuotetta. Tuotteet valmistetaan kyseiselle tuotetyypille valmistetulla tuotantolinjalla. Linjalla voidaan kuitenkin ajaa useita erilaisia tuotteita, mutta vain yhtä tuotetyyppiä kerrallaan. [Haverila ym. 2009: 353–355.]

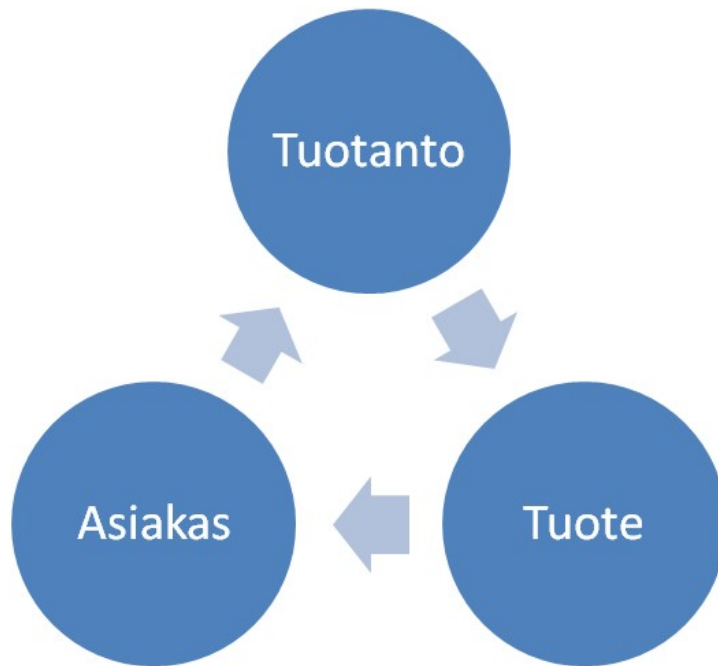
Yhtenäistuohtanto voidaan jakaa suursarjatuotantoon ja prosessituotantoon. Prosessin jatkuvuuden perusteella tuotanto voidaan jakaa kappaletavaratuotantoon tai prosessituotantoon. On kuitenkin huomattava, että tuotanto harvoin perustuu vain yhteen tuotantotyyppiin, vaan tuotanto voidaan jakaa erityyppisiin tuotantotapoihin tuotetyypin perusteella tai tuotantoerän koon mukaan. Tuotantotyyppi voi yhden tuotteen kohdalla vaihdella siten, että osat valmistetaan esimerkiksi sarjatuotantona, mutta kokoonpano tapahtuu yksittäistuohtantona. [Haverila ym. 2009: 353–355.]

2.3 Ohjausvaihtoehdot

Yleisesti tuotannon ohjausvaihtoehtoina käytetään neljää eri tapaa. Ohjaustapa vaikuttaa siihen, missä vaiheessa tuote voidaan korvamerkitä asiakkaalle. Ohjaustavoista käytettävät lyhenteet vaihtelevat hieman riippuen lähteestä, mutta perusajatus niissä on sama.

Kun tuotteet valmistetaan asiakkaiden tilausten pohjalta (MTO, Manufacture-To-Order tai Make-To-Order, tunnetaan myös lyhenteellä BTO, Build-To-Order), on olemassa etukäteistieto tuotteen rakenteesta, tarvittavista tuotantoajoista, kustannuksista ja raaka-aineiden hankinnasta. Raaka-aineet, materiaalit ja kapasiteetti ajoitetaan tuotekohtaisten tietojen mukaan siten, että tuote tai erä voidaan toimittaa asiakkaalle luvatus toimitusajan sisällä. [Karrus 2001: 55.]

MTO eli tilausohjautuva tuotanto (kuva 1) tunnetaan yleisesti myös imuohjaus- eli pullmenetelmänä. Tyypillisesti tuotevalikoima on laaja ja tuotekohtainen kysyntä on vähäistä. Toimitusaika on yleensä pitkä ja yksikköhinta korkea. [Ritvanen ym. 2011: 49.]

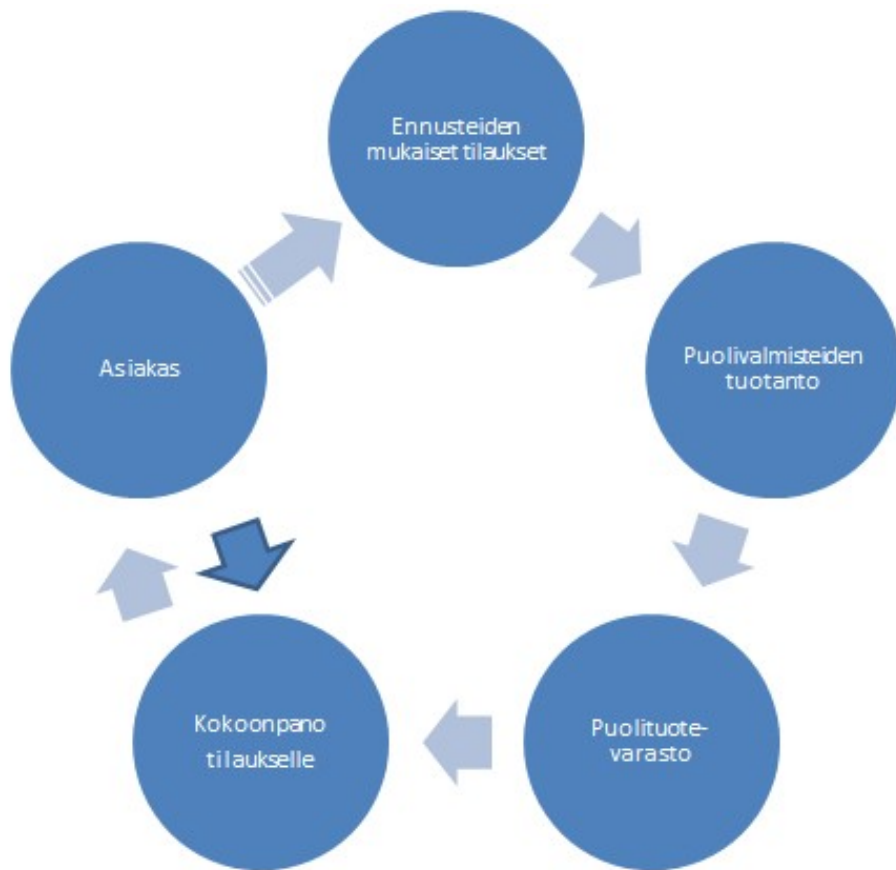


Kuva 1. Tilausohjautuva tuotanto [Schroeder ym. 2013: 70].

Imuohjauksella saavutetaan kuitenkin suurempi joustavuus asiakaskohtaisten tuotteiden valmistuksessa. Yksittäiset tilaukset on mahdollista yksilöidä jo valmistuksen aikana. Tärkein suorituskyvyn mittari on läpimenoaika. [Schroeder ym. 2013: 69.]

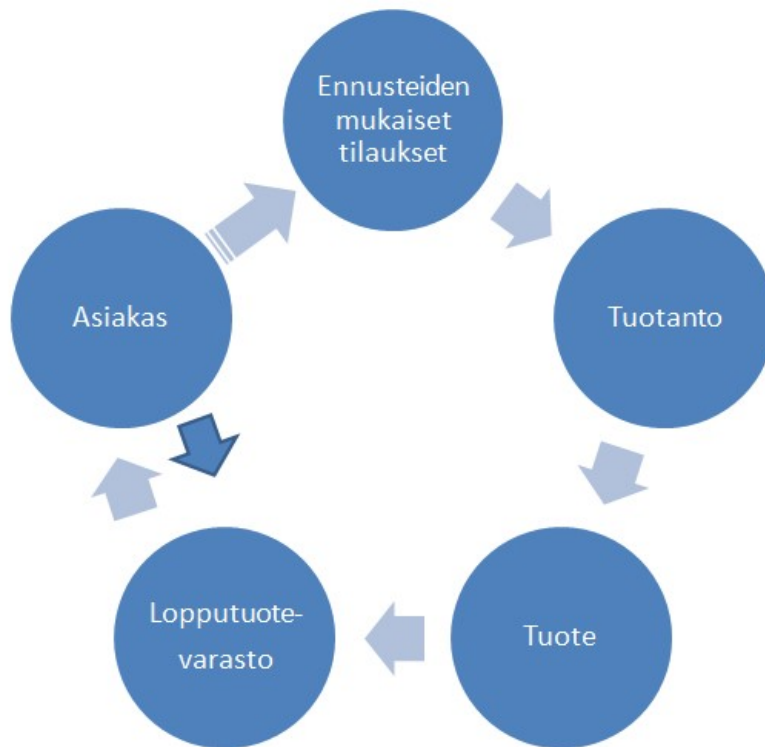
Kun tuotteet kokoonpannaan tilaukselle (ATO, Assemble-To-Order, kuva 2), käytössä ovat yleiset tuotetiedot, tuotteiden rakennetiedot sekä tyypilliset aika- ja kustannusarvot. Hankintakohteita ovat komponentit, osarakenteet ja materiaalit. Oma ja alihankkijoiden kapasiteetti ajoitetaan tilauksen ja toimitusajan mukaan. [Karrus 2001: 55.]

ATO eli asiakasohjautuva kokoonpano huomioi asiakastarpeet yksityiskohtaisesti. Koska komponentteja on hankittava varastoon riittävästi kokoonpanoa varten, sitoutuu varastoon pääomaa. [Ritvanen ym. 2011: 49.]



Kuva 2. Asiakasohjautuva kokoonpano [Schroeder ym. 2013: 70].

Varastoonvalmistamisella (MTS, kuva 3) pystytään tarjoamaan nopeampi toimitus asiakkaalle halvempaan hintaan kuin tilauksen mukaan valmistamalla (MTO). On kuitenkin huomattava, että tilauksen mukaan valmistettava tuotanto on joustavampi tuotekoh-
 taiseen räätälöintiin. ATO on MTO:n ja MTS:n eräänlainen hybridi. Puolivalmisteet val-
 mistetaan varastoon (MTS), mutta tuotteet kokoonpannaan tilaukselle (MTO). Tällä
 saadaan tilaus-toimituslöpimenoaika lyhennettyä. [Schroeder ym. 2013: 70–71.]



Kuva 3. Varasto-ohjautuva tuotanto [Schroeder ym. 2013: 70].

DTO (Design-To-Order) on ohjaustapa, jossa tuote kehitetään tilaukselle. Samantyyppisistä aikaisemmista projekteista saadaan suuntaa antavia tietoja. Lopullinen tuotetieto on kuitenkin tapauskohtainen, ja se usein muuttuukin suunnittelun mukana. Materiaalien ja tuotannon ajoitus on projektikohtaista. Riskeinä ovat menekin epävarmuus ja asiakkaan kyky odottaa tilausta. [Karrus 2001: 55.]

Samasta ohjaustavasta käytetään yleisemmin nimitystä ETO (Engineer-To-Order). Kyse on siis asiakasohjautuvasta tuotesuunnittelusta. Ominaista tälle menetelmälle ovat asiakaskohtaiset tuotteet, vaihteleva kysyntä ja pitkä toimitusaika. Usein tätä tapaa hyödynnetään, kun kyse on helposti pilaantuvista materiaaleista. [Ritvanen ym. 2011: 49.] Ohjaustapaa käytetään myös silloin, kun tehdään asiakasnäytteitä tai asiakkaan kanssa yhteistyönä tehtävää uusien tuotteiden kehitystyötä.

MTS (Make-To-Stock) on ohjaustapa, jolla tuotetaan tuotteet varastoon. Aika on hyvin keskeisessä roolissa tässä menetelmässä. Haasteena on kokonaisviiveen lyhentäminen. Tarkoituksena on saada aika asiakkaan tilaushetkestä siihen, että tuote on asiakkaan käytössä, mahdollisimman lyhyeksi. [Karrus 2001: 56.]

Samaa menetelmää kuvataan toisinaan lyhenteellä BTF (Build-To-Forecast). Varasto-ohjautuva tuotanto sopii pitkään säilyville vakiotuotteille. Ominaista menetelmälle on suppea valikoima ja lyhyt toimitusaika. Koska tuotteita valmistetaan varastoon, sitoo tämä tapa pääomaa. Oikea, kysynnän mukainen tuotantomäärä riippuu ennusteista. Menetelmä tunnetaan myös nimellä työntö- eli push-menetelmä. [Ritvanen ym. 2011: 48.]

Ohjaustapa määrittelee pitkälti asiakastilauksen kohdentamispisteen (Order Penetration Point, OPP). Se on tuotantoprosessin kohta, jonka jälkeen tilaus ohjaa prosessia. Ennen tätä pistettä tuotanto perustuu ennakointeihin tai suunniteltuihin tarpeisiin. Lisäksi tätä pistettä ennen varasto on asiakkaalle kohdentamatonta. Piste määrää myös toimitusajan. Esimerkiksi valmisvarastosta asiakkaalle toimitettaessa tavara voidaan toimittaa välittömästi, mutta varastoon sitoutunut pääoma ja riskit ovat suuria. Toisaalta mitä aikaisemmin tuotanto kohdennetaan asiakkaalle, sitä pienemmät ovat riskit. Tilauksen kohdentamispiste voi vaihdella tuotteittain. [Lehtonen 2008: 68–70.]

2.4 Tuotannonohjauksen tavoitteet

Toiminnanohjauksen keskeisimmät tavoitteet ovat kapasiteetin korkea tuottavuus, vaihto-omaisuuden minimoiminen, toimitusvarmuus ja lyhyt läpimenoaika.

Kapasiteetin korkea tuottavuus saavutetaan siten, että keskeiset resurssit ovat mahdollisimman tehokkaassa käytössä. Usein tuotteita valmistetaan suurina sarjoina, jolloin menetetään mahdollisimman vähän aikaa tuotannon seistessä asetusajan. Suuret sarjat vaativat suuret varastot ja tasaisen menekin.

Suurempi tuotanto sitoo enemmän pääomaa tuotantolaitteisiin, koneisiin ja tuotantotiloihin. Vaihto-omaisuus sitoo suuren osan pääomasta, joten tuotantoa on ohjattava siten, että raaka-aineisiin, keskeneräiseen tuotantoon (KET) ja lopputuotevarastoihin sitoutuu mahdollisimman vähän pääomaa. Tämä edellyttää pieniä valmistussarjoja ja puolivalmisteverastojen pienentämistä.

Toimitusvarmuus muodostuu sovittujen toimitusaikojen pitämisestä. Lisäksi toimitusvalmius on pidettävä korkealla tasolla. [Haverila ym. 2009: 402–404.]

Tilausten ja toimituserien läpimenoajat on pidettävä mahdollisimman lyhyinä, sillä lyhyt läpimenoaika vähentää sitoutunutta pääomaa. Tuotannonohjauksen kannalta on ongelmallista pitää toimitusajat lyhyenä, sillä se usein edellyttää tuotteiden, raaka-aineiden ja puolivalmisteiden varastointia sekä valmiutta valmistaa joustavasti pieniä tuotantoeriä. Läpäisyajojen lyhentäminen on erittäin tehokas tapa toteuttaa toisinaan ristiriitaisia toiminnanohjauksen tavoitteita. Asiakasohjautuvan varaston osalta läpäisyajan lyhentäminen vaikuttaa toimitusaikaan, kun taas varasto-ohjautuvassa tuotannossa ajan lyhentäminen vaikuttaa varastojen täydennysnopeuteen ja sitä kautta voidaan toimia pienemmillä varastomäärillä.

Toiminnanohjauksen tavoitteet muodostuvat yrityksen valitsemien kilpailutekijöiden perusteella. Yrityksen sisällä saatetaan painottaa eri tavoitteita riippuen toiminnoista. Esimerkiksi markkinointi näkee toimituskyvyn tärkeämpänä, kun taas tuotannon tärkein tekijä on korkea kapasiteetti. Ristiriidassa keskenään olevat tavoitteet vaikeuttavat usein yrityksen toiminnanohjausta. [Haverila ym. 2009: 402–404.]

2.5 Kapasiteetti ja läpäisy aika

Kapasiteetin hallinnan tavoite on kohdata kysyntä mahdollisimman tarkasti. Kokonaiskapasiteetti tarkoittaa kokonaisvarastoa, joka voidaan teoriassa pitää samanaikaisesti jokaisessa toimitusketjun vaiheessa. Näistä muodostuu koko ketjun kapasiteetti. Voidaan siis ajatella, että todellinen kapasiteetti on se määrä tuotteita tai materiaaleja, joka saadaan syötettyä läpi jokaisessa toimitusketjun vaiheessa. [Basu ym. 2008: 63–64.]

Kapasiteetti kuvaa suurinta mahdollista tuotantokykyä aikayksikköä kohden. Usein kapasiteettiyksikkö riippuu yrityksen toimialasta. Se voi olla esimerkiksi tonnia/tunti, tonnia/päivä tai vaikkapa neliometriä/päivä. Kuormitusryhmä on kokonaisuus, jonka kapasiteettia tarkastellaan kokonaisuutena. Ohjaustarpeet määrittelevät kuormitusryhmät, joita voidaan tarkastella tehdastasolla, karkeasuunnittelutasolla ja hienosuunnittelutasolla. Tehdastason tarkasteltavia kapasiteettilukuja voivat olla esimerkiksi kokonaistuotantomäärä tai kokonaistyötuntimäärä. Karkeasuunnittelussa on käytössä laajat kuormitusryhmät, kuten tuotantolinja tai työntekijäryhmä. Hienosuunnittelun kuormitusryhmää voidaan tarkastella kone-, solu- tai työntekijätasolla. [Haverila ym. 2009: 399–401.]

Kuormitus tarkoittaa tuotantoon varattua kapasiteettia. Kuormituksen ja maksimikapasiteetin suhteesta saadaan laskettua kuormitussuhde. Kuormitussuhteesta ja -asteesta puhutaan usein myös käsitteillä käyttösuhde ja -aste. Laajemman toiminnan, esimerkiksi tehdastason lukuja kuvataan toimintasuhteena ja -asteena. Kuvassa 4 on esitetty laskukaavat, joilla kyseiset luvut voidaan laskea.

$$\frac{\text{Kuormitus} * 100\%}{\text{Kapasiteetti}} = \text{Kuormitussuhde}$$

$$\frac{\text{Tuotantomäärä} * 100\%}{\text{Tehta kapasiteetti}} = \text{Toimintasuhde}$$

Kuva 4. Kuormitussuhteen ja toimintasuhteen laskukaavat [Haverila ym. 2009: 400].

Todellista käytettävissä olevaa kapasiteettia kuvataan käsitteellä nettokapasiteetti. Se saattaa poiketa suurestikin maksimikapasiteetista. Sitä pienentävät tuotantohäiriöt, kuten huoltotyöt, konerikot, materiaali puutteet ja viallisten tuotteiden valmistus. Yleensä nettokapasiteetti on noin 50-90 % maksimikapasiteetista.

Läpäisyajalla tarkoitetaan sitä aikaa, joka kuluu tuotteen mennessä kaikkien vaiheiden läpi. Kokonaisläpäisyajasta puhutaan silloin, kun tarkoitetaan sitä aikaa, joka kuluu tilauksen saannista toimitukseen. Valmistuksen läpäisy aika taas tarkoittaa tuotteen valmistuksen aloittamisesta sen valmistumiseen kuluva aika. Läpäisy aika tuotannon mittarina ei kuvaa tuottavuutta tai tuotteen vaatimaa valmistusaikaa, vaan sillä kuvataan toimintaketjun vaatimaa kokonaisaikaa. Yleensä läpäisy aika koostuu pääasiassa odotusajoista. Varsinaista työaikaa on murto-osa kokonaisajasta. [Haverila ym. 2009: 399–401.]

Läpäisyajojen tehokkaimpia lyhennystapoja ovat valmistuserien koon pienentäminen ja tuotannon välivarastojen poistaminen. Suuret valmistuserät pidentävät läpäisy aikaa huomattavasti, sillä eri työvaiheiden välisiin odotusaikoihin kuluu suuresta määrästä johtuen pidempi aika. Lisäksi eri työvaiheiden välille saattaa muodostua välivarastoja, joiden poistaminen nopeuttaa osaltaan läpäisy aikaa. Selkeyttämällä yrityksen materi-

aalivirtoja ja tuotantotilojen pohjapiirustusta saadaan läpäisyaikaa lyhennettyä, jolloin työvaiheiden välisiin kuljetuksiin käytettävä aika saadaan lyhennettyä. Asetusaikojen lyhentäminen on edellytys eräkokojen pienentämiselle. Jos tuotteen vaihdon yhteydessä kuluva aikaa ei saada lyhennettyä, ei pienten eräkokojen valmistaminen ole taloudellisesti järkevää. Tällöin asetusten tekoon menevä aika kuluttaa turhaan kapasiteettia. Asetusaikojen lyhentäminen onnistuu myös erilaisilla teknisillä ratkaisulla, joilla työkalujen tai kiinnittimien vaihtoon kuluva aika saadaan minimoitua.

Läpäisyajojen lyhentäminen vaikuttaa merkittävästi tuotteiden ja toiminnan laatuun. Kun tuotantoerät pidetään pieninä, mahdolliset virheet huomataan aikaisemmin, jolloin niiden syihin päästään puuttumaan varhaisessa vaiheessa. Koska virheet huomataan helpommin ja nopeammin, tarkoittaa tämä usein sitä, että virheen löytyessä koko tuotantolinja pysähtyy. Tällöin on syytä kehittää toiminnan laatua, jotta läpäisyajat saadaan lyhennettyä. Kun toiminnan laatua saadaan parannettua, kehittyy tuotantoprosessin tuottavuus. Virheiden ja ongelmien aiheuttamat kustannukset pienentyvät. Toiminnanohjauksen tehostuminen ja materiaalikäsittelyn vähentyminen tehostavat toimintaa. Toisaalta selkeämpi tuotannon pohjapiirustus ja selkeämpi materiaalivirta vähentävät ohjauksen tarvetta. [Haverila ym. 2009: 407.]

2.6 Toiminnanohjausprosessit

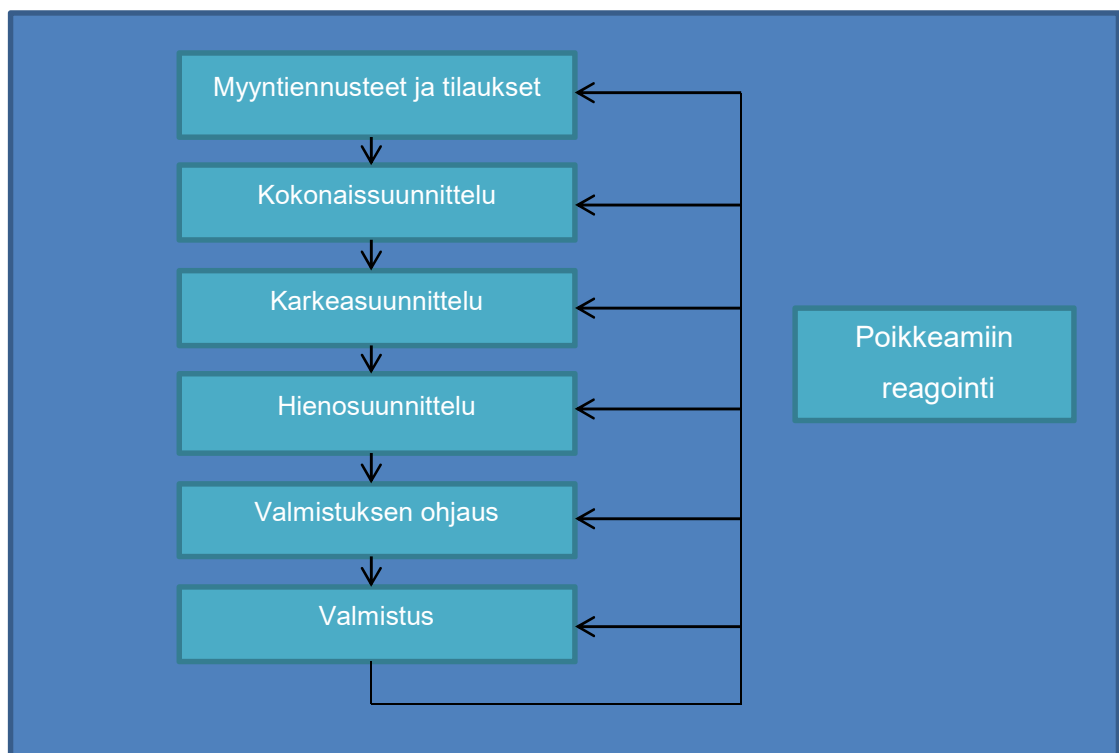
Toiminnanohjausjärjestelmän avulla ohjataan keskeisiä materiaali- ja rahavirtaan liittyviä prosesseja. Prosessi muodostuu useista peräkkäisistä vaiheista tai tapahtumista. Toiminnanohjausjärjestelmän avulla toistuvat toiminnot voidaan automatisoida. Tämä kuitenkin edellyttää automatisoitavan prosessin määrittelyä ja kuvaamista. [Lehtonen 2008: 130–131.]

Yrityksen ohjausprosessit ovat yleensä kehittyneet ajan saatossa niin, että yksittäiset osa-alueet ovat nivoutuneet yhteen. Tämän vuoksi toiminnanohjausjärjestelmä on hyvinkin yksilöllinen riippuen yrityksestä.

Toiminnanohjauksen suunnittelu ja päätöksenteko jakautuu organisaatiossa eri tasoille. Mitä ylemmällä tasolla ollaan, sen suurpiirteisempiä päätöksiä tehdään. Lähellä valmistusta tapahtuva suunnittelu on huomattavasti yksityiskohtaisempaa.

Prosessit ovat jokaisessa yrityksessä ainutlaatuisia. Pienissä tuotantoyksiköissä saataan pärjätä huomattavasti yksinkertaisemmalla suunnittelutasolla, kun taas isoissa ja monimutkaisissa projekteissa on oltava useita tasoja. Tasot voidaan jakaa kolmeen eri kategoriaan: kokonais-, karkea- ja hienosuunnitteluun.

Kuvassa 5 on kuvattu yleinen tuotannonohjausprosessi. Vaikka prosessi näyttää selkeältä ja yksinkertaiselta, tapahtuu siinä jatkuvasti uudelleensuunnittelua ja suunnittelu-tehtävien välistä koordinaatiota.



Kuva 5. Tuotannonohjausprosessin vaiheet [Haverila ym. 2009: 409].

Rullaavan suunnittelun periaatteesta puhutaan silloin, kun tuotantosunnitelmat hioutuvat prosessin edetessä. Alussa saattaa olla hyvinkin suurpiirteisiä suunnitelmia, jotka sitten valmistusajan lähentyessä tarkentuvat. Samalla tehdään uusia alustavia suunnitelmia. Tarkat suunnitelmat pyritään jättämään niin myöhäiseen vaiheeseen kuin mahdollista, jotta vältetään tuotantosunnitelmien muutoksilta. [Haverila ym. 2009: 409–410.]

3 Tuotannonohjauksen periaatteita

Haluan tässä yhteydessä mainita muutamasta tuotannonohjauksen periaatteesta, jotka näkyvät vahvasti myös kohdeyrityksen päivittäisissä toiminnoissa. JIT-filosofiaan paneudutaan myöhemmin luvussa 4.3.

3.1 Lean-filosofia

Lean filosofia on jatkuvan oppimisen ja kehittymisen prosessi, jolla parannetaan toiminnan laatua ja kyvykkyyttä. Koska kyseessä on filosofia, se on nimenomaan tapa ajatella, toimia ja johtaa. Lean-filosofia koskee koko organisaatiota ja liiketoimintaprosesseja. [Tuominen 2010: 6.]

Ydintavoitteena on hukan minimointi ja virtauksen maksimointi. Jatkuvalla, maksimoidulla virtauksella saavutetaan parempi laatu, pienemmät kustannukset ja lyhyemmät toimitusajat. Lyhyemmällä läpimenoajalla voidaan nopeammin reagoida mahdollisiin muutoksiin. Lisäksi koneiden ja työvoiman kuormitusta saadaan tasattua, varastointitilaa minimoitua ja virheiden havainnointia helpotettua. Jatkuva virtaus paljastaa nimenomaan prosesseissa piilevät tehottomuudet. Jotta arvotuotantoa saadaan kasvatettua, on tärkeää vähentää ei- arvoa tuottavia asioita, eli hukkaa (muda). Lean tunnistaa kahdeksan hukan oiretta:

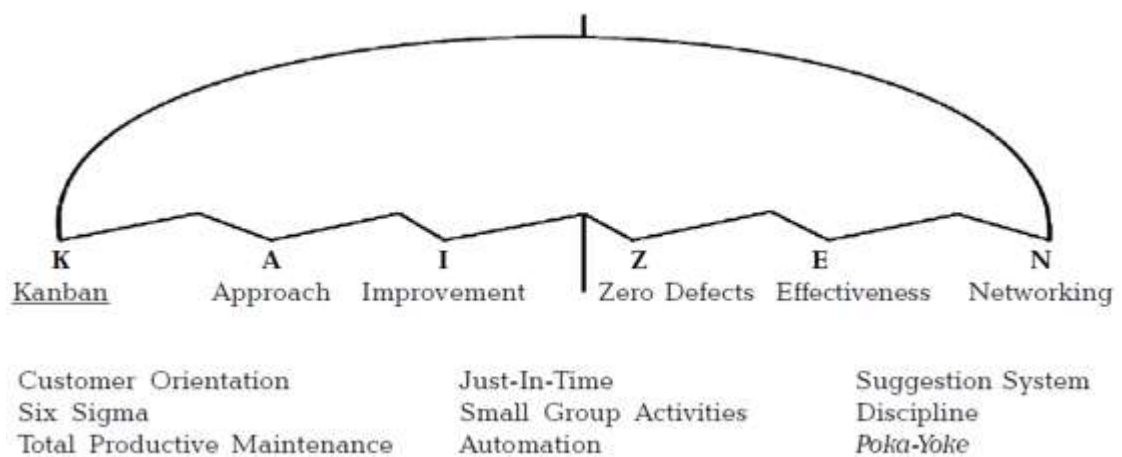
- ylituotanto
- varastointi
- tarpeeton kuljetus
- liike
- odotus
- virheet
- prosessointi
- työntekijän osaamisen alihyödyntäminen.

[Liker 2010: 28–29, 87–88.]

3.2 Kaizen-filosofia

Kaizen on kokonaisvaltainen ajattelu- ja kehittelytapa, jonka ydinajatuksena on jatkuvien parannusten tekeminen. Menetelmä perustuu Demingin PDCA (Plan-Do-Check-Act) -sykliin. Se otettiin käyttöön vuonna 1986 Toyotan tehtailla tarkoituksena parantaa tehokkuutta, tuottavuutta ja kilpailukykyä. Kaizen on osa japanilaista tuotantofilosofiaa. [Liker 2010: 23.]

Kaizen voidaan nähdä ikään kuin sateenvarjona (kuva 6), jonka alla on useita erilaisia tekniikoita, kuten esimerkiksi Kanban, Six Sigma, automaatio, JIT ja poka-yoke. [Singh ym. 2009: 52.]



Kuva 6. Kaizen-sateenvarjo [Singh ym. 2009: 52].

Kaizen on jatkuvan kehittämisen ydin. Sen avulla toimintaa saadaan kehitettyä ja prosessien arvoa lisättyä sekä poistettua hukkaa. Menetelmän avulla tunnistetaan ongelman perussy, sille kehitetään ratkaisu ja otetaan ratkaisu käyttöön. [Tuominen 2010: 106.]

Kaizen on koko henkilökunnan yhteinen toimintatapa, jonka tulisi näkyä päivittäisenä prosessina. Tavoitteena on systemaattisen kehittämisen avulla saada kilpailuetua laadun, kustannustehokkuuden ja toimitustäsmällisyyden alueilla. Kaizenin lähtökohtiin kuuluu jatkuva parantaminen, jossa hyödynnetään koko yrityksen aivopotentialia. Me-

netelmä lisää myös vuorovaikutusta henkilökunnan välillä. Tyypillisiä Kaizen-kohteita ovat

- läpimenoajan lyhentäminen
- kustannusten alentaminen
- toimitusvarmuuden parantaminen
- hukan ja jätteen vähentäminen
- käytettävyyden parantaminen
- asetusajojen lyhentäminen
- virhemahdollisuuksien poistaminen (Poka Yoke)
- odottamisen ja etsimisen vähentäminen
- kuljetusten, siirtojen ja käsittelyjen vähentäminen
- huonon tai vaikean työmenetelmän parantaminen
- 5S, siisteyden ja järjestyksen parantaminen.

[Laatupassi: 8–9.]

4 Tuotannonsuunnittelu

Tuotannonsuunnittelun keskeinen tavoite on muuntaa materiaalit koneiden ja työvoiman avulla tuotesuunnittelun mukaisiksi tuotteiksi. Myynnin tarpeiden mukaan ajoitetaan materiaali- ja kapasiteettitarpeet. Tuotantotarpeen lisäksi lähtötietoina käytetään tuoterakennetta, reititystä ja valmistusvaiheiden kestoja. Näiden tietojen pohjalta voidaan muodostaa hankinta- ja tuotantotilaukset, joille voidaan määritellä omat aikataulut. [Lehtonen 2008: 78.]

Suunnitteluun liittyy neljä prosessia:

1. asiakastarpeiden suunnittelu
2. tuotannon suunnittelu
3. tuotanto
4. logistiikka.

Asiakastarpeiden suunnittelu (CDP, Customer Demand Planning) on prosessi, joka helpottaa toimittajan ja asiakkaan välistä yhteistyötä. CDP on liiketoiminnan suunnitteluprosessi, jonka avulla myyntiyksikkö kehittää kysyntäennusteita, joita voidaan käyttää palvelu-suunnitteluprosessien, tuotannon, varaston suunnittelun ja liikevaihtosuunnitelmien pohjana.

Tuotannonsuunnittelun prosessissa käytetään CDP:n tuottamaa kysyntäennustetta, jonka perusteella voidaan tuotantoa säätää vastaamaan kysyntää. Tuotantosuunnitelmaan vaikuttavat myös asiakaspalvelun taso, varaston tavoitemäärä, resurssit ja kapasiteettisuunnitelma.

Tuotantoprosessi pyrkii noudattamaan tuotantosuunnitelmaa mahdollisimman tehokkaasti.

Logistisen prosessin avulla tuotteet tai palvelut toimitetaan asiakkaalle. [Krajewski ym. 2013: 445.]

4.1 Kokonaissuunnittelu

Kokonaissuunnittelu on ylimmän tason suunnittelua, johon vaikuttavat vuotuinen budjettisuunnitelma, yrityksen strategiset tavoitteet, menekinennusteet, tilauskanta ja varastotilanne. Sen avulla tehdään varastointisuunnitelma, ohjataan tarjoustoimintaa ja suunnitellaan tuotantomääriä. Kokonaissuunnittelusta saatavilla tiedoilla voidaan suunnitella kapasiteetin muutokset, tuote- ja materiaalivarastojen tasot, työvoimatarve ja kausisopimukset toimittajien ja alihankkijoiden kanssa.

Keskeisimpiä suunnittelun lähtökohtia ovat tuotteiden menekkiennusteet. Niiden perusteella mukautetaan kapasiteetti ja materiaalivarastojen taso. Menekinennustamista hankaloittaa markkinoiden ja kilpailun globalisoituminen. Virheelliset ennusteet johtavat ylimitoitettuun kapasiteettiin ja ylisuuriin varastoihin. Pahimmillaan yritys joutuu karsimaan henkilökuntaa paikatakseen kuluja.

Toiminnanohjauksessa käytetään yleensä lyhyen ja keskipitkän aikavälin ennusteita. Ennusteet voidaan laatia edellisten menekkimäärien perusteella, regressioanalyysin perusteella tai henkilökunnan subjektiivisten arvioiden perusteella. [Haverila ym. 2009: 411–413.]

4.2 Karkeasuunnittelu

Karkeasuunnittelu on kokonaissuunnittelua tarkempaa, sillä sitä tehdään yleensä muutamana viikon aikajänteellä. Sen tekemiseen vaikuttavat yrityksen tilauskanta, varastotilanne ja valmistusbudjetin tavoitteet. Ennusteet eivät ole niin suuressa roolissa kuin kokonaissuunnittelussa.

Karkeasuunnittelun perusteella ei varsinaisesti ohjata valmistusta, vaan sen avulla määritellään tuotannon vaatimat resurssit, kuten henkilö-, kone- ja laitekapasiteetti. Lisäksi tehdään yleissuunnitelma resurssien käytöstä. Suunnitelmien perusteella voidaan lisätä tai vähentää kapasiteettia. Karkeasuunnittelun keskeinen tehtävä on yrityksen toimituskyvyn hallinta, sillä luvatut toimitusajat perustuvat usein karkeasuunniteluun.

Karkeasuunnittelun edellytyksenä on suunniteltavien tuote-erien kapasiteetti- ja materiaalitarpeiden määrittely. Vakiotuotteiden osalta tiedot ovat jo valmiiksi tietokannassa. Tilaustuotteiden osalta määrittely on huomattavasti hankalampaa. Usein joudutaan turvautumaan arvioihin.

Valmistuskapasiteetti rajoittaa tuotannon suunnittelua. Usein karkeasuunnittelu perustuu avain- tai pullonkaularyhmien suunnitteluun. Koska näiden ryhmien kapasiteetti on pienempi kuin muiden, ne määrittävät tuotantomäärän ja toimituskyvyn tason. Karkeasuunnittelun avulla seurataan, miten suunniteltu tuotanto kuormittaa valmistuskapasiteettia. Tietojen perustella voidaan muuttaa toimitusaikaa, tuotantoerien kokoa tai ajoituksia. Karkeasuunnittelua tarkastellaan tehtaan kokonaiskapasiteetin, linjojen ajo-ohjelmien tai koneryhmien kapasiteetin tasolla.

Kuormituspiirros tarkoittaa jonkin kuormitusryhmän kuormitusta määriteltynä ajanjaksona. Se kuvaa käytössä olevaa kapasiteettia, aikaisemmin toteutunutta kapasiteettia ja ennusteiden mukaista kapasiteettia. Piirroksen avulla suunnitellaan tuotantoa ja toimitusaikoja ja tutkitaan mahdollista tarvetta muuttaa kapasiteettia. Kuormituspiirroksen on tarkoitus osoittaa kapasiteetin yleinen riittävyys. [Haverila ym. 2009: 415–417.]

4.3 Hienosuunnittelu

Hienosuunnittelun tarkoituksena on tuottaa yksityiskohtainen, tarkka tuotantosuunnitelma, jonka perusteella tuotteet valmistetaan. Lähtökohtana käytetään aiemmin tehtyä karkeasuunnitelmaa. Suunnittelun perusteella muodostetaan tuotantoerät, tuotantoerien työvaiheiden ajoitus ja tarkka suunnitelma resurssien käytöstä. Hienosuunnittelu tehdään aikajänteellä yhdestä päivästä viikkoon.

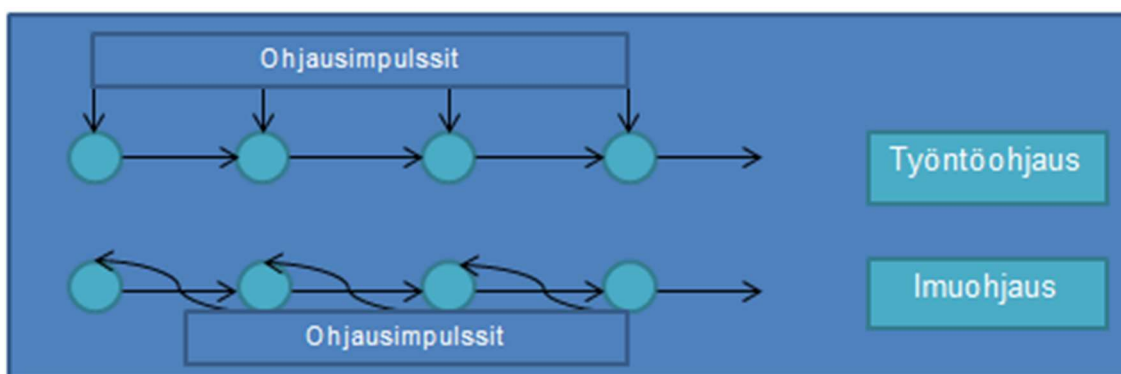
Hienosuunnittelun tavoitteena on ajoittamisen ja työerien muodostamisen avulla saada aikaan työjärjestys, jolla saavutetaan asetetut tavoitteet mahdollisimman hyvin. Tällä tavoitellaan muun muassa korkeaa tuottavuutta ja hyvää toimitusvarmuutta. Asetusajat ja niistä syntyvät kustannukset pyritään minimoimaan. Asetusten määrä saadaan pienennettyä yhdistelemällä tuotantoeria. Toisaalta erien kasvattaminen saattaa pidentää läpäisyaikaa. [Haverila ym. 2009: 417–420.]

Pullonkaulatyövaiheet ovat kriittisiä, sillä niissä menetetty tuotanto on pois koko tehtaan tuotantomäärästä. Siksi tämä vaihe on pidettävä korkealla kuormitusasteella.

Tuote-erän vaatimasta vaiheajasta voidaan laskea ajoitus. Se, kuinka pitkän ajan jokainen työvaihe vaatii tuotannossa, lasketaan kapasiteettitarpeiden perusteella. Työjärjestyksen ja ajoituksen tekemiseen on useita erilaisia menetelmiä ja periaatteita, yleensä riittää toiminnanohjauksen tietojärjestelmän määrittelemä ajoitus. Lisäksi prioriteetisääntöillä voidaan hienosäätää työjärjestystä, jotta saavutetaan mahdollisimman hyvä tulos. Prioriteetisääntönä voi olla esimerkiksi FIFO (First-In-First-Out), lyhin/pisin työvaihe ensin tai suurin myöhästyminen. [Haverila ym. 2009: 417–420.]

Työntöohjaus on eniten käytetty ohjausmenetelmä. Se toteutetaan ohjaajan tai ohjausorganisaation tekemien valmistussuunnitelmien mukaan. Nimensä mukaisesti valmistuserät ”työnnetään” tuotannon läpi. Menetelmänä työntöohjaus sopii kaikkiin tuotantomuotoihin. Mikäli valmistusketjut ovat laajoja ja monimutkaisia, saattaa työntöohjaus osoittautua hankalaksi. Menetelmä edellyttää selkeää ja helposti hallittavaa valmistusprosessia.

Imuohjausperiaatteen mukaan tuotteet valmistetaan todelliseen tarpeeseen, yleensä asiakastilauksen mukaan. Menetelmän avulla erät ikään kuin ”imetään” tuotannon läpi. Imuohjaus toteutetaan usein pienten välivarastojen tai imuohjauspuskureiden avulla. Tarveimpulssit etenevät valmistusketjussa lopusta alkuun päin. Kun puskurista käytetään osa tai tarvike, syntyy tilausimpulssi. Kuvassa 7 on esitetty ohjausimpulssien erot työntö- ja imuohjauksen välillä. Imuohjaus soveltuu tuotteille, joilla on tasainen menekki. [Haverila ym. 2009: 422.]



Kuva 7. Työntö- ja imuohjauksen ohjausimpulssien pisteet [Haverila ym. 2009: 423].

JIT (Just-In-Time) on Japanissa kehitetty tuotantoperiaate, jonka tarkoituksena on valmistaa tuotteet ja toimittaa ne välittömän tarpeen perusteella. Menetelmä on alun perin kehitetty vakiotuotetuotantoon, mutta sitä voidaan hyvin soveltaa myös muihin tuotantomuotoihin. JIT-tuotannon tyypillisiä tunnusmerkkejä ovat korkea tuottavuus, pieni sitoutunut pääoma, korkea laatu ja nopea läpäisy aika.

Tuotantomallin perustana on selkeä tuotanto, jossa materiaalivirrat ja tuotannonohjaus on tehokasta. Tuotteiden ja valmistustehtävien toistuvuus on suuri. Menetelmä edellyttää tasaista kokonaisvolyymia; tuotteiden sisällä vaihtelua voi tuki tapahtua.

Kehittämisen lähtökohtana on asetusajojen minimointi asetustekniikan ja menetelmien kehittämisellä. Kun asetusajat ovat lyhyet, voidaan eräkokoa pienentää. Tämä lyhentää läpäisy aiaa. Layoutia kehittämällä saadaan pienennettyä välivarastoja, jolloin läpäisy aia lyhenee entisestään. KET saadaan pienennettyä vastaavasti läpäisy aiaja lyhentämällä. Tällöin tuote- ja puolivalmisteverastot pienenevät ja tuotteet voidaan valmistaa suoraan tilausten perusteella. Tämä johtaa parhaassa tapauksessa siihen, ettei varastoja tarvita lainkaan.

Toiminnan on oltava laadultaan korkeaa, sillä jos virheitä löytyy, ne pysäyttävät koko tuotannon. Tästä syystä laadukustannusvaikutukset ovat huomattavat. Toisaalta virheet ja niiden syyt huomataan tuotantomallin vuoksi varhaisessa vaiheessa. Myös laadun kehittäminen on helpompaa. [Haverila ym. 2009: 428–429.]

4.4 Valmistuksenohjaus

Valmistuksenohjauksen tehtäviin kuuluu työn suorittamisen suunnittelu, työn jakelu, työtehtävien ohjaaminen, valvonta ja raportointi. Valmistuksenohjauksessa vakiotuotteiden ohjaus on helppoa työn toistuvuuden takia. Vaikeimpia tuotteita ohjauksen kannalta ovat yksittäin valmistettavat tilaustuotteet. Valmistuksenohjaus voi toimia sekä imu- että työntöohjauksessa.

Työn aloituksen jälkeen työ saa yleensä edetä omaa tahtiaan, koska työpisteitä on usein monia ja yksityiskohtaisempi ohjaus olisi hankala toteuttaa. Ohjausta tarvitaan vasta siinä vaiheessa, jos työ on myöhässä. Ohjaus perustuu työmääräimiin, materiaalmääräimiin, saattokortteihin, piirustuksiin, työohjeisiin, laadunvalvontakortteihin, urak-

ka- ja tuntikortteihin. Tiedot voidaan yhdistää yhdelle kortille. Korttien avulla voidaan suunnitella työjärjestys. Tällöin on helppo muokata työtä tai uudelleenajoittaa se työvaiheen aloitukseen asti. [Haverila ym. 2009: 425–426.]

5 Kokoonpanon ulkoistaminen

5.1 Ulkoistaminen

Ulkoistaminen tarkoittaa toiminnan tai jonkin osa-alueen siirtämistä omasta yrityksestä ulkopuoliselle toimittajille (outsourcing). Kyse on yrityksen strategisista päätöksistä ja siitä, mitä valmistetaan itse ja mitä hankitaan ulkopuolelta. Ulkoistamisen tavoitteena on investointikustannusten ja käyttöomaisuuden pienentäminen ja joustavuuden parantaminen. Päätöksenteon tukena käytetään kustannusanalyyssejä. Päätöksiä voidaan tehdä kolmelta eri pohjalta: yrityksellä on vapaata kapasiteettia, yrityksellä on rajoitettua omaa kapasiteettia tai yrityksellä ei ole kapasiteettia, mutta sitä voidaan hankkia. Hankinnan kustannuksiin on otettava huomioon tarjoushintojen lisäksi ostohallinnon, kuljetuksen, varastoinnin, vastaanoton ja tarkastamisen kustannukset. Näistä syntyvää summaa verrataan välillisiin ja välittömiin kustannuksiin, jolloin voidaan tehdä suuntaa-antavia päätöksiä ulkoistuksen kannattavuudesta.

Lähtökohtia ulkoistamispäätökselle on monia. Päätöstä voidaan tarkastella yrityksen valmistamien tuotteiden kannalta, jolloin on tärkeää tehdä päätös siitä, mitkä moduulit, komponentit tai osa valmistetaan itse ja mitkä hankitaan ulkopuolelta. Jos tuotteen valmistus ulkoistetaan kokonaan, puhutaan sopimusvalmistuksesta. Toisinaan saatetaan ulkoistaa vain osa tuotannosta, jolloin ulkoistamista käytetään tasaamaan kysynnän vaihtelusta johtuvia piikkejä. Tällöin puhutaan kapasiteettialihankinnasta.

Ulkoistamispäätös saattaa liittyä yrityksen osaamisalueisiin, jolloin on tärkeää määritellä ne osaamisalueet, joihin yritys keskittyy, ja se, mitä hankitaan ulkoa. Päätös ulkoistamisesta voi koskea liiketoimintaprosesseja, jolloin yritys pystyy kohdentamaan resurssit ja kehitystyön haluamiinsa osa-alueisiin. Tällöin ydinosamisen ulkopuolelle jäävät osa-alueet ulkoistetaan. Esimerkiksi varaston täydennystoimintaprosessi voidaan ulkoistaa kokonaan toimittajalle. Tällä tavoitellaan varsinkin pitkän aikavälin kilpailukyvyn parantamista. [Lehtonen 2008: 88–90.]

5.2 Murata Electronics Oy

Murata Electronics Oy on piipohjaisten kapasitiivisten kiihtyvyyss-, kallistus- ja kulmanopeusanturien johtava valmistaja. Tuotteiden kehityksessä hyödynnetään omaa

ainutlaatuista 3D MEMS (Micro Electro Mechanical System) -teknologiaa. Tärkeimpiä sovellusalueita ovat kuljetusväline-teollisuus, terveysteknologia, erilaiset teolliset käyttökohteet ja kulutuselektronikka. Antureita käytetään yleisesti kiihtyvyyden, kallistuksen, törmäyksen, värinän, kulmanopeuden ja paineen mittaamiseen. Murata Electronics on globaali markkinajohtaja muun muassa ajonvakautusjärjestelmien ja sydämentahdistimien liikeantureissa.

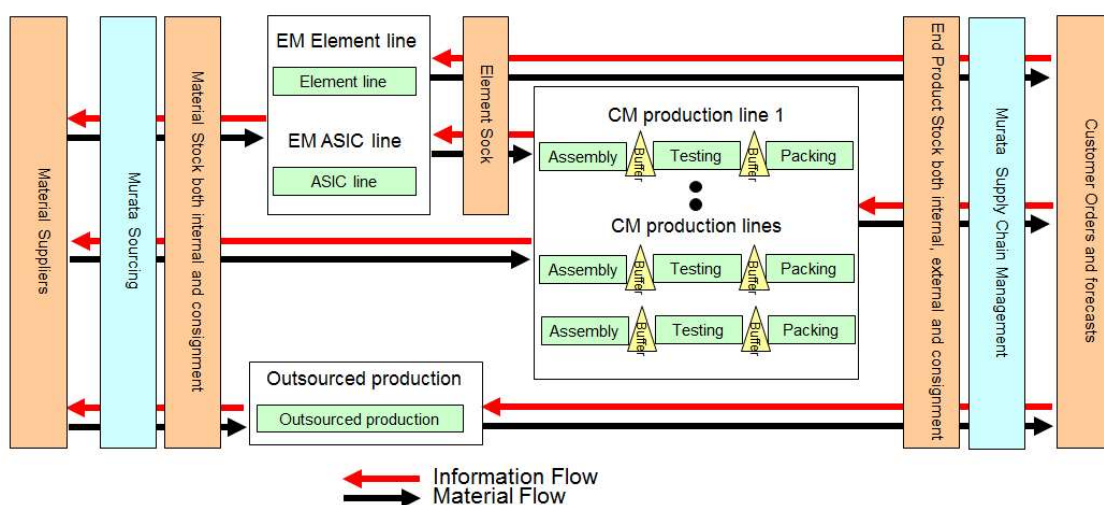
Vuonna 1991 Vaisala Oy, United Technologies Corporation (USA) ja SITRA perustivat VTI Technologies Oy:n (nykyisin Murata Electronics Oy). Toiminta alkoi Vaisalan tiloissa Vantaanlaaksossa 16 henkilön voimin. Vuoteen 1995 yritys toimi nimellä Vaisala Technologies, Inc., Oy. Kesäkuussa 1995 yritys siirtyi BREED Technologiesin omistukseen. Vuonna 1998 VTI:n uusi MEMS-tehdas avattiin Vantaan Martinlaaksoon. Kesäkuussa 2002 BREED myi koko osakekannan ja liiketoiminnan EQT III -pääomasijoitusrahastolle. Vuonna 2005 avattiin uudet tilat ja yritys kaksinkertaisti tuotantotilansa. Tammikuussa 2012 VTI siirtyi japanilaisen Murata-konsernin omistukseen, ja toukokuussa 2012 yrityksen nimi muuttui Murata Electronics Oy:ksi (myöhemmin MFI). Tällä hetkellä yrityksessä työskentelee yli 800 henkilöä. [Historia, Murata Electronics Oy:n kotisivut.]

MFI:n tuotanto jakautuu elementti- ja komponenttivalmistukseen. Elementtivalmistuksessa (EM, Element Manufacturing) valmistetaan kapasitiivisia piipohjaisia anturielementtejä. Tuotanto tapahtuu puhdastilassa, jonka hiukkaspitoisuus, lämpötila ja kosteus ovat tarkasti kontrolloituja. Elementtivalmistus jakautuu kiekko- ja anturivalmistukseen.

Komponenttivalmistuksessa (CM, Component Manufacturing) tehdään kokoonpanoa ja testataan kiihtyvyys-, kallistus- ja kulmanopeusantureita. Komponenttivalmistus jakautuu kokoonpanoon ja testaukseen. Kokoonpanossa anturielementti ja integroitu ASIC-piiri asennetaan esivalettuun muoviseen koteloon. Tämän jälkeen anturit ja ASIC-piiri liitetään ohuella kultalangalla yhteen. Anturikotelo täytetään silikonigeelillä ja kotelo suljetaan kannella. Kokoonpanolinja jakautuu kolmeen soluun riippuen valmistettavasta tuotetyypistä. Testauksessa valmiit anturit kalibroidaan ja testataan niin, että ne täyttävät niille asetetut asiakasvaatimukset. Myös testaus jakautuu kolmeen eri soluun. Testauksen jälkeen valmiit anturit pakataan ja lähetetään asiakkaalle.

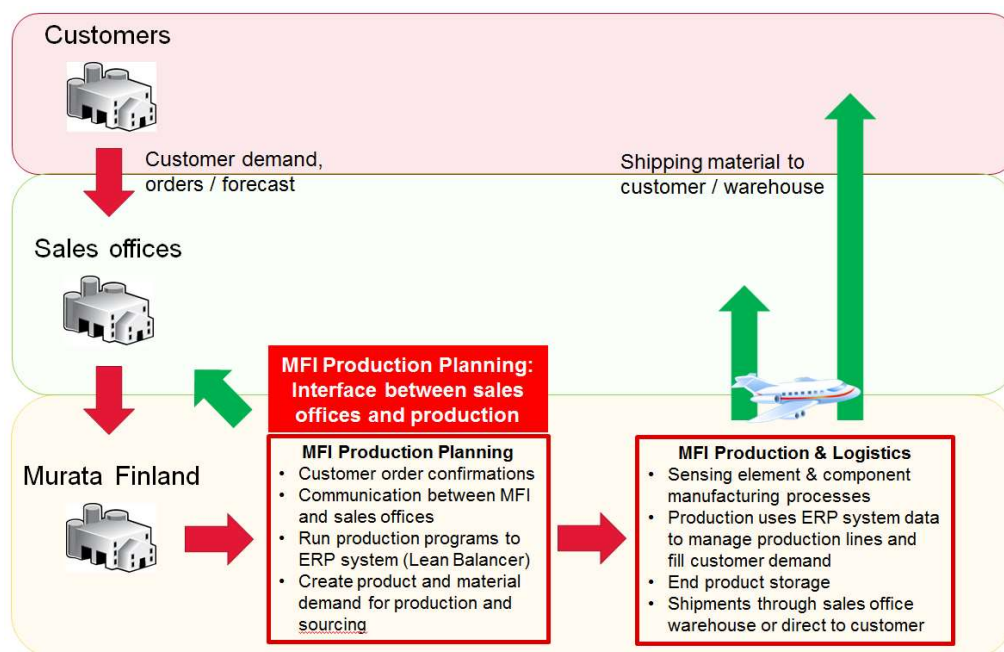
5.3 Toiminnanohjauksen nykytilanne

MFI:lla on ERP-järjestelmänä Tieto Oyj:n Lean System, ja varsinaiseen tuotannon suunnitteluun käytetään Lean Balancer -suunnitteluohjelmaa. MFI:n ja Muratan yhdistymisen jälkeen käyttöön otettiin lisäksi Muratan oma ERP-järjestelmä USSO, joka integroitiin Leaniin. Tilauskanta on olemassa molemmissa järjestelmissä. Asiakastilausten käsittely tehdään USSO:ssa. Järjestelmästä saadaan kaikki tilaukset ja ennusteet. Myöhemmässä vaiheessa tiedot siirtyvät myös Leaniin, jossa niitä käytetään tuotannon suunnittelun pohjana. Kuvassa 8 on esitelty karkealla tasolla MFI:n materiaali- ja tietovirrat, joita ohjataan tuotannonohjausjärjestelmällä.



Kuva 8. MFI:n materiaali- ja tietovirrat [Supply Chain Process: 18].

Murata-konsernin myyntikonttorit käsittelevät asiakkailta tulevat tilaukset ja ennusteisiin perustuvat tilaukset. Kuvassa 9 on esitetty tavanomainen tilaus-toimitusprosessi. Asiakas lähettää tilauksen EDI-muodossa Muratan myyntikonttorille. Myyntikonttori tekee tehdastilauksen USSO-järjestelmän kautta MFI:lle.



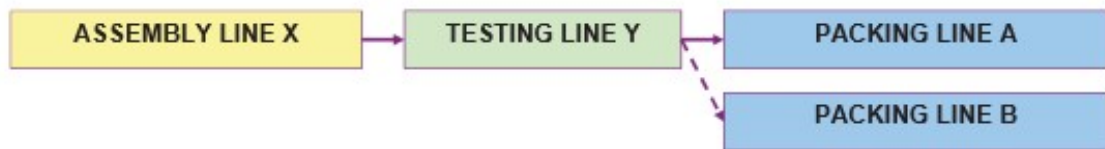
Kuva 9. MFI:n tilaus-toimitusketju [Murata Finland Production Planning: 2].

Tilausten pohjalta tehdään tuotannonsuunnittelu, hankintasuunnitelmat, tuotanto ja lähetys. Tilaukset lähetetään MFI:lta joko suoraan asiakkaalle tai Muratan myyntikonttoreiden hallitsemien alueellisten keskusvarastojen kautta asiakkaalle. MFI lähettää laskun myyntikonttorille, joka puolestaan laskuttaa asiakasta. MFI:lta ei olla varsinaisessa yhteydessä loppuasiakkaaseen, vaan kontaktit muodostetaan myyntikonttorin kautta.

5.4 Tuotannonsuunnittelun nykytilanne

Sales & Operational Planning (S&OP) -prosessin tarkoituksena on luoda kaikkien yksiköiden käyttöön myyntiennuste seuraavaksi 12–15 kuukaudeksi. Prosessiin sisältyy myös tuotannon kapasiteetin suunnittelu, jolla turvataan myyntiennusteiden mukaisen tuotannon vaatima miehitys, laitteisto, materiaalit ja tuotannon layout. S&OP-suunnittelukierros tehdään neljännesvuosittain.

MFI:lla käytetään myös lyhyen aikavälin ennustetta (6–10 viikkoa), joka tehdään kuukausittain tai tarvittaessa. Lisäksi käytössä on mid-term-suunnitelma (3 vuotta) ja grand-plan-suunnitelma (5–20 vuotta).



Kuva 11. Vaihtoehtoinen tuotantoreitti [Supply Chain Process: 23].

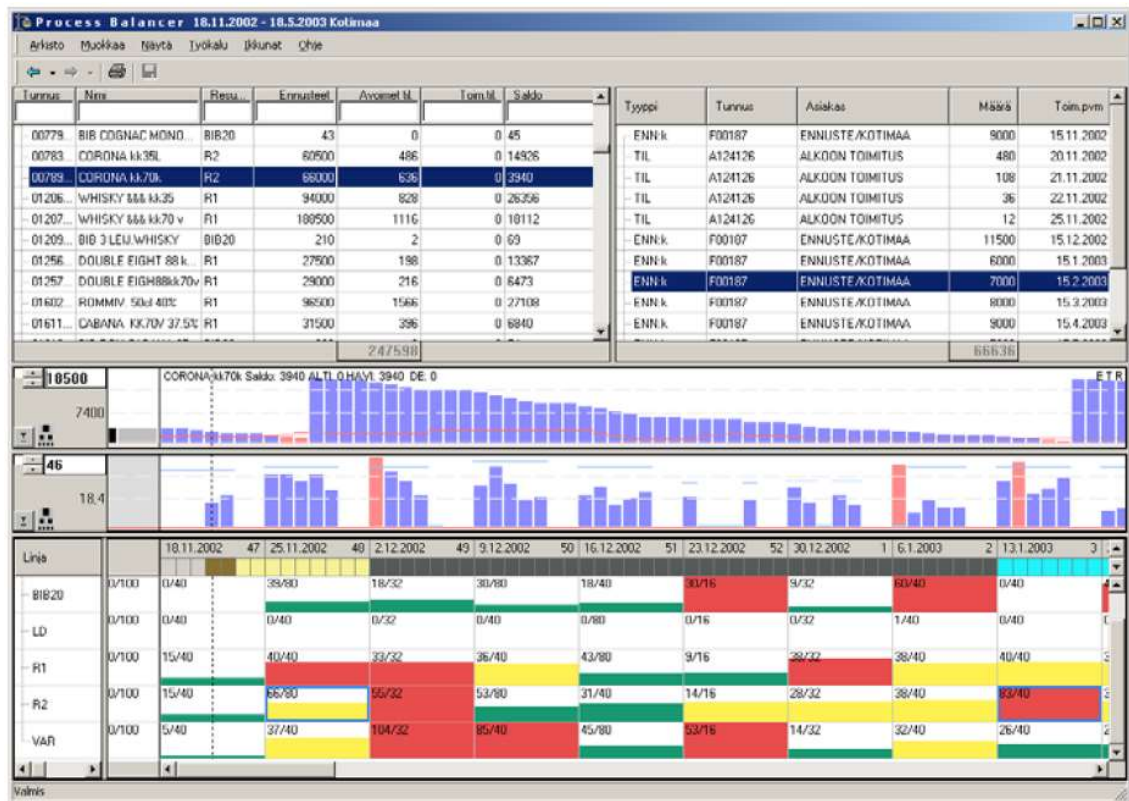
Tuotannon edetessä järjestelmä kuluttaa materiaaleja edellisestä tuotannon välivarastosta tai materiaalivarastosta BOM:n (bill of materials) mukaan. Valmistuttuaan tuotteet päätyvät määriteltyyn varastoon automaattisesti.

MFI:lla on käytössä kolme tuotannonohjausvaihtoehtoa. Pääasiassa tuotannossa käytetään MTO:a (make-to-order), jolla tuotetaan suuren volyymin tuotteet. Tuotteet valmistetaan tällöin tilauksen saavuttua. Puhtaaseen imuohjaukseen päästään, kun välivarasto- ja lopputuotevarastotasot (min ja max) määritetään nollassi. Lisäksi tuotteita valmistetaan varastoon, jolloin saadaan tarvittaessa tasapainotettua tuotantolinjoja. Tällöin lopputuotevarastotason ei tarvitse olla nolla, mutta välivarastotaso on nolla.

Pienen volyymin tuotteet ja/tai yksittäistilaukset valmistetaan MTS:n (make-to-stock) mukaan. Samalla tuotannonohjausvaihtoehdolla valmistetaan myös myyntikonttorin täydennystilaukset ja näytetilaukset. Tuotteet valmistetaan valmiiksi varastoon, josta ne lähetetään asiakkaalle tilauksen saavuttua. Välivarasto- ja lopputuotevarastotaso on tällöin muu kuin nolla.

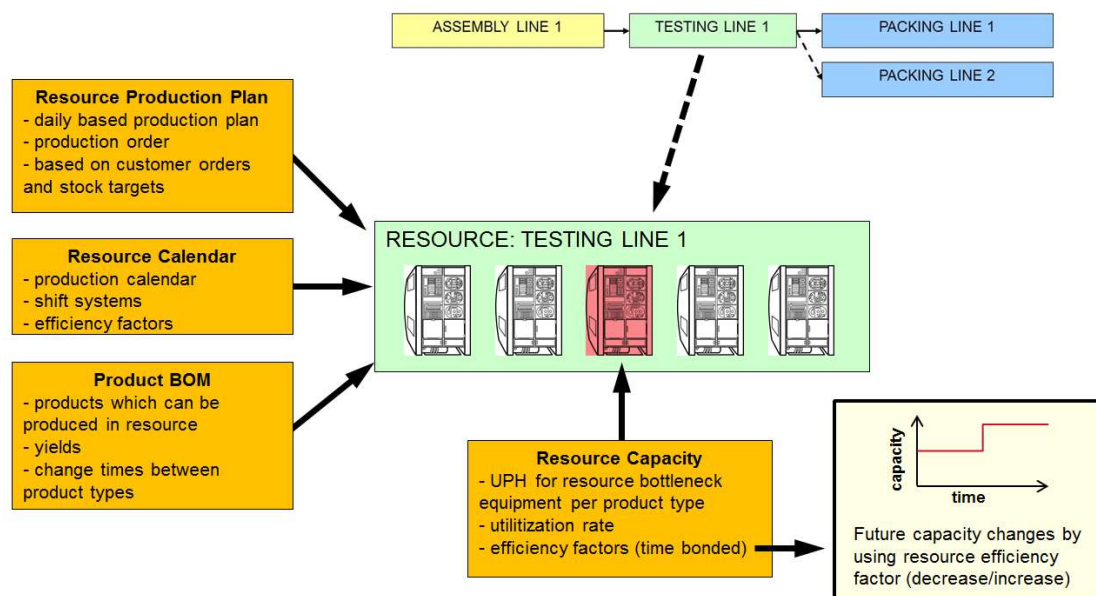
ETO:a (engineer-to-order) käytetään sellaisiin näytetilauksiin, jotka sisältävät tuotteita, jotka eivät ole vielä tuotannossa tai ne ovat uusia versioita olemassa olevista tuotteista. Tällöin tuotteet valmistetaan tilauksen saavuttua.

Varsinaiseen tuotannonsuunnitteluun käytetään Lean Balancer -ohjelmaa (kuva 12). Balancerin avulla muodostetaan tuotantosuunnitelma ja valmistuksen ajoitus. Balancer toimii siten, että ohjelmaan on määritelty suunnitteluryhmä ja resurssit. Suunnitteluryhmän resurssit jaetaan tuotteisiin, töihin ja kalenteriin. Balanceriin syötetään tuotteiden saldot, tilaukset, ennusteet ja töiden vaatimat materiaalit tarpeet. Ohjelma tarjoaa erilaisia työkaluja tuotannonohjaukseen. Balancerissa voidaan käyttää sekä karkeaa että hienosuunnittelua.



Kuva 12. Balancerin pääikkuna [Lean System Process Balancer käyttöohje 5.3].

Järjestelmässä on tuotantokalenteri, johon saadaan syötettyä käytettävissä olevat työresurssit (kuva 13).

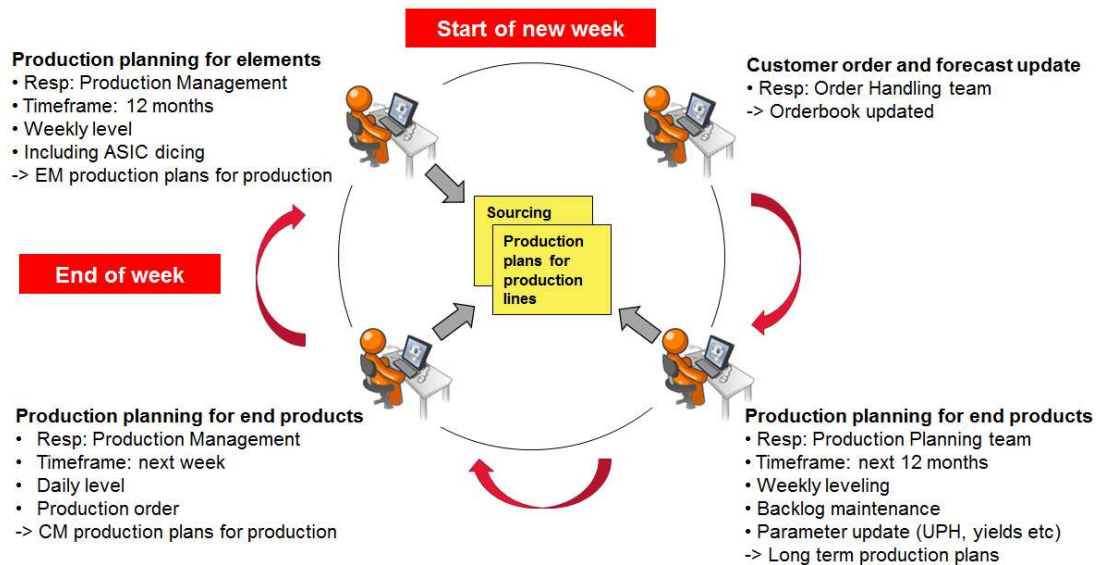


Kuva 13. Tuotannonsuunnitteluun vaikuttavat resurssit [Supply Chain Process: 21].

Ohjelman avulla saadaan laskettua kapasiteetti. Kapasiteetin laskemiseen vaikuttavat

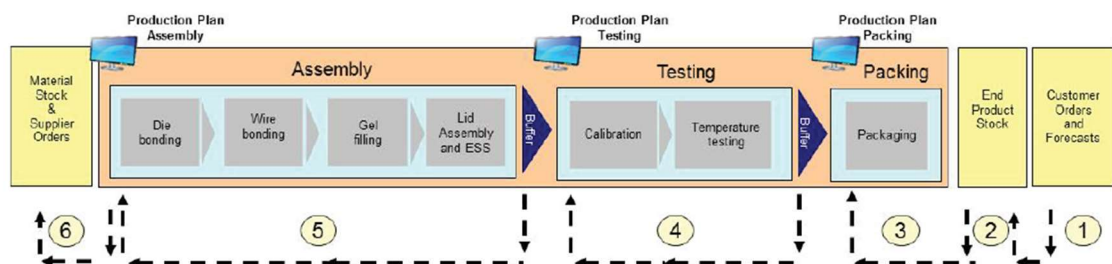
- tuotantokalenteri (vuorotyöjärjestelmä)
- UPH (units per hour), läpimenoaika tuotetyypeittäin, kuormitusryhmän pullonkaulan UPH
- saanto tuotetyypeittäin
- materiaalien aikataulutus
- tuotetyyppien asetusajat
- kuormitusryhmän käyttöaste ja resurssien (työntekijä) tehokkuuskertoimet
- vaihtoehtoiset tuotantoreitit (esim. kuormitusryhmien välillä)
- materiaaliiviive (kuinka paljon aikaisemmin työ tarvitsee aloittaa, jotta se valmistuu oikeaan aikaan).

Tuotantosuunnitelmat perustuvat asiakastilauksiin, asiakasennusteisiin ja MFI:n omiin ennusteisiin. Tuotantosuunnitelmien avulla pyritään tilausten valmistamisen lisäksi myös saavuttamaan tietty varastotaso. Balancerilla voidaan säätää tuotantosuunnitelmia päivä- tai viikkotasolla tuotantolinjoittain. Balancerilla voidaan muuttaa työjärjestystä päivittäin, joten sillä on mahdollista reagoida hyvin nopeasti asiakastilausmuutoksiin. Viikkotason tuotannonsuunnittelun sykli on esitetty kuvassa 14.



Kuva 14. Balancerissa käytettävä tuotannosuunnittelun sykli [Supply Chain Process: 19].

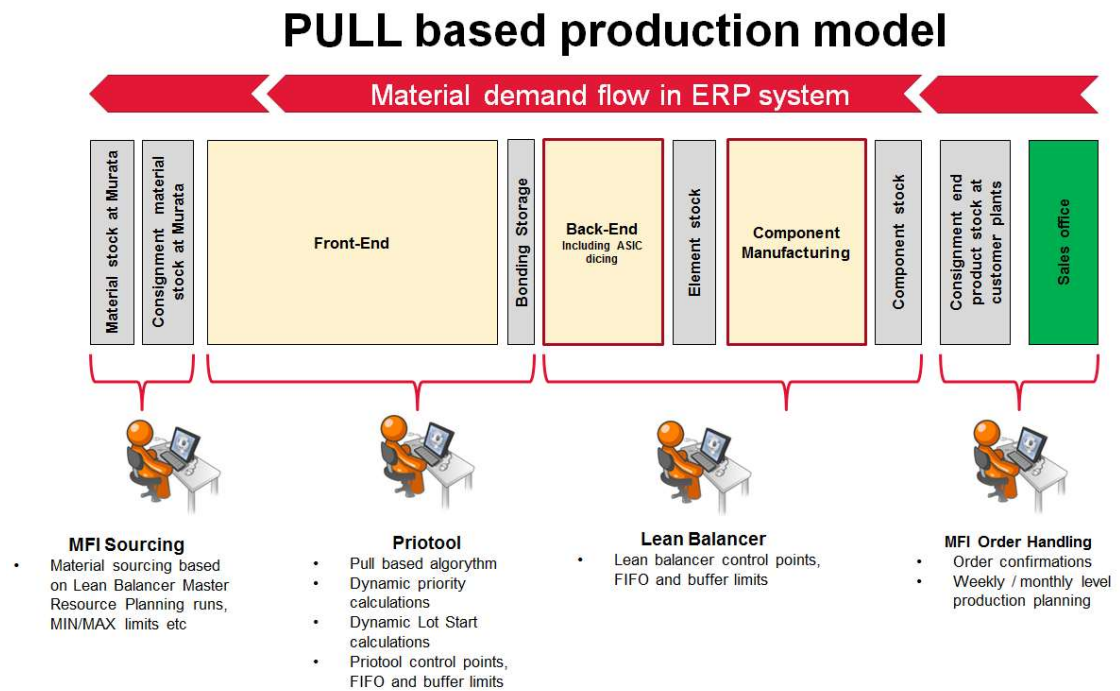
Kuvassa 15 on esitetty komponenttivalmistuksen tuotantolinja. Kuvassa on esitetty myös tuotantolinjojen välivarastot (buffer) ja tuotannonohjausnäytöt (production plan assembly/testing/packing). Tuotannonohjaus lähtee liikkeelle asiakastilauksista ja ennusteista (vaihe 1). Seuraavaksi määritetään lopputuotevarastoon haluttava riitto tuotteittain (vaihe 2). Lean-järjestelmä luo automaattisesti tuotantosuunnitelman pakkauslinjalle (vaihe 3) asiakastilausten, ennusteiden ja lopputuotevarastotason mukaan. Tämän jälkeen Lean muodostaa tuotantosuunnitelman testauslinjalle (vaihe 4). Järjestelmä laskee mukaan testauksen puskurivarastotason.



Kuva 15. Komponenttivalmistuksen tuotantolinja ja työvaiheet [Supply Chain Process: 22].

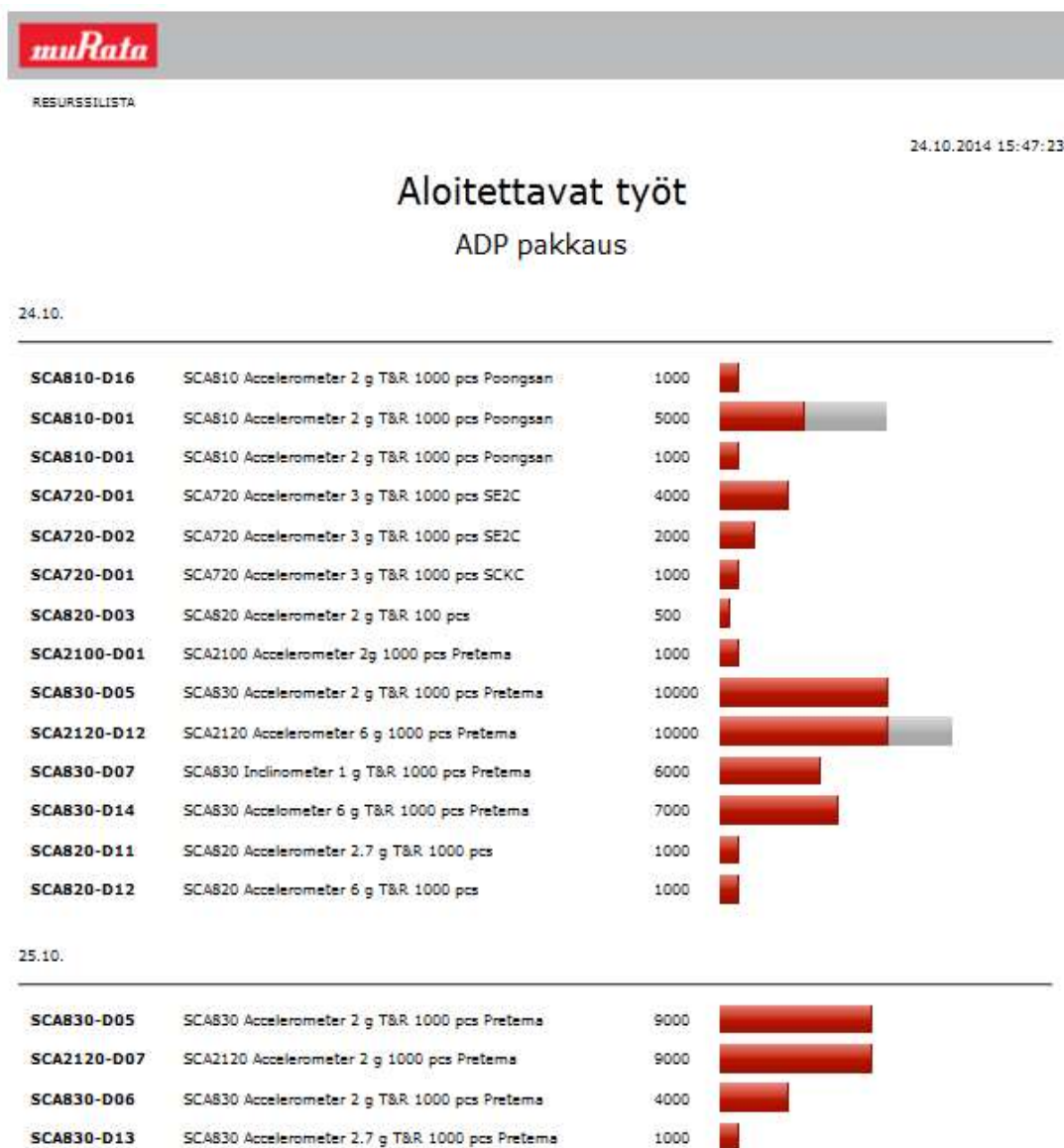
Puskurivarastoille määritellään tavoitetaso, jota Balancer pyrkii ylläpitämään. MFI:n tavoitetasoksi on määritetty nolla, jolla tavoitellaan puhdasta imuohjausta. Seuraavaksi Lean muodostaa tuotantosuunnitelman kokoonpanoon, johon vaikuttaa kokoonpanon

puskurivarastotaso (vaihe 5). Tämän jälkeen saadaan muodostettua materiaaliarve tuotantosuunnitelmasta (vaihe 6). Kuvassa 16 on esitetty komponenttivalmistuksen tuotantolinja ja se, miten imuohjaus vaikuttaa materiaaliarpeen syntyyn tuotannonohjausjärjestelmässä.



Kuva 16. Komponenttivalmistuksen tuotantolinja ja imuohjaus [Supply Chain Process: 20].

Operaattoreiden ei tarvitse erikseen aloittaa tai lopettaa töitä, vaan järjestelmä kertoo tuotannossa olevien näyttöjen avulla, missä vaiheessa työjärjestystä ollaan ja mitä tuotetta valmistetaan. Tarvittaessa työnjohtajat muuttavat työjärjestyksiä. Kuvassa 17 on esimerkki ohjausnäytöstä.



Kuva 17. Kokoonpanon tuotannonohjausnäyttö.

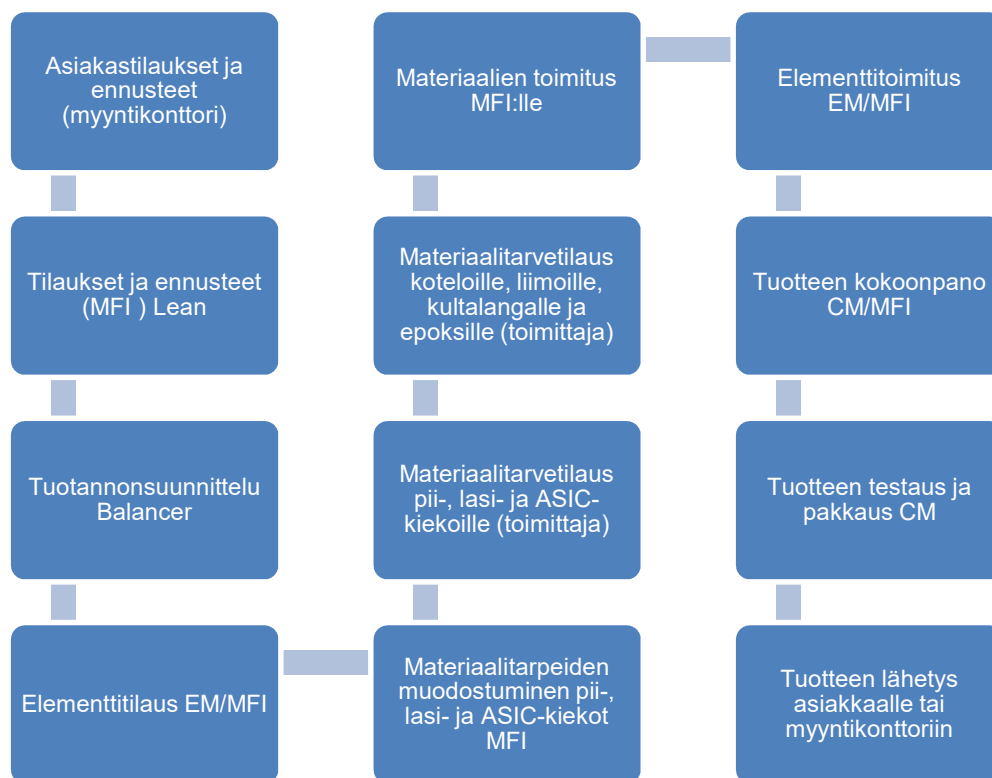
Päivitettyjen päivätasoisien tuotantosuunnitelmien perusteella tehdään CM-linjan hieno-ohjaus. Suunnitelma on hyvin joustava, ja sitä voidaan tarvittaessa päivittää. EM-linjan päivätasoinen hienosuunnittelu tehdään siihen tarkoitukseen kehitetyllä Priotool-ohjelmalla. Ohjelma optimoi automaattisesti tuotannon muun muassa tuotannon, tilausten ja KET:n mukaan useassa eri tuotantopisteessä. Priotool päivittyy PDAM:sta saatavien tuotantotietojen mukaan. PDAM on Muratalla käytössä oleva MES (Manufacturing Execution System) -järjestelmä. Priotoolin avulla saadaan luotua automaattisesti optimaalisin tuotantojärjestys.

MFI:n tuotantolaitteet on integroitu ohjausjärjestelmään siten, että kaikki tuotantotieto siirtyy automaattisesti ohjausjärjestelmään (kuva 18).



Kuva 18. Tuotannossa olevat tuotannonohjausnäytöt.

Valmistusimpulssi lähtee Muratan myyntikonttorin myyntiennusteiden ja tilausten perusteella. Sieltä tieto siirtyy MFI:n USSO:oon. Tiedot siirtyvät sieltä Leaniin. Tämän jälkeen tilaustieto siirtyy Balanceriin, jossa tuotannonsuunnittelun pohjalta muodostuvat tarpeet valmistuksessa käytettäville materiaaleille. Samalla muodostuu talon sisäinen elementtitalaus ja tarve tuotteelle. Tuotteen tarvetiedot (ennusteet ja tilaukset) siirtyvät takaisin Leaniin. Tavarantoimittajille tehdään tarvittavat tilaukset. Tämän jälkeen tarvittavat elementit valmistetaan ja siirretään komponenttivalmistukseen. Tuote kokoonpannaan, testataan ja pakataan. Tämän jälkeen tuote lähetetään joko myyntikonttorille tai suoraan asiakkaalle USSO:n kautta. Kuvassa 19 on esitetty materiaaliarpeiden muodostuminen karkealla tasolla ennen ulkoistusvaihetta (nykytilanne).



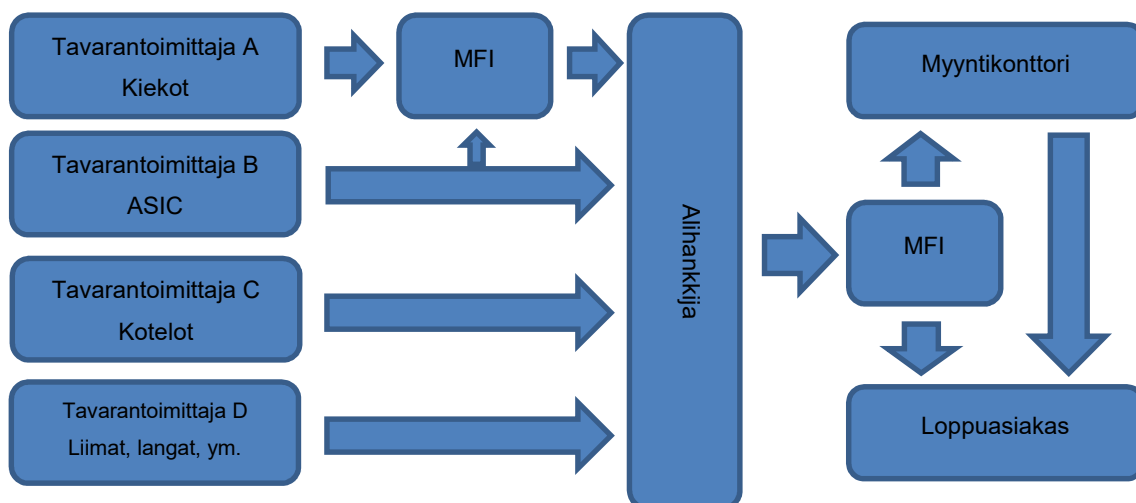
Kuva 19. Materiaalitarpeiden muodostuminen ennen ulkoistusvaihetta.

5.5 Toiminnanohjaus tulevaisuudessa

Murata suunnitteli muuttuviin asiakastarpeisiin uudenlaisen tuotetyypin, joka on kooltaan ja hinnaltaan huomattavasti edeltäjäänsä pienempi. Kokoonpanotekniikka on myös erilainen. Nykyisen kansitetun kotelon tilalle tulee ylivalettu kotelo. Kerralla käsiteltävä kotelomäärä kasvaa samalla kahdeksasta kappaleesta 48 kappaleeseen. Tämä vaatii uuden kokoonpanotekniikan. Ulkoistuspäätökseen vaikuttivat ratkaisevasti uuden tuotantolinjan rakentamiskustannukset sekä sen tarvitsemat resurssit. Tällöin päädyttiin ratkaisuun etsiä ulkoinen toimija. Useiden auditointien jälkeen päädyttiin indonesialaiseen kokoonpanoyritykseen. Testaus ja pakkaus pysyvät edelleen MFI:lla, koska nämä toiminnot onnistuvat olemassa olevalla tekniikalla.

Kuvassa 20 on kuvattu karkealla tasolla toimitusketju. MFI valmistaa ja toimittaa tarvittavat elementit alihankkijalle. Kokoonpanoon tarvittavat kotelot, liima, epoksi ja kultalangat toimitetaan suoraan alihankkijalle ilman, että ne tulevat MFI:n kautta. Materiaalien omistus pysyy kuitenkin koko ajan MFI:lla. ASIC-kieko toimitetaan myös suoraan alihankkijalle. Lisäksi osa kiekkoista on MFI:lla, josta tarvittaessa toimitetaan kiekkoja

alihankkijalle. Kiekkoja ei sahata MFI:lla, vaan se tehdään alihankkijalla. Tämän jälkeen alihankkija suorittaa kokoonpanovaiheen ja ylivalaa komponentit ja lähettää ne MFI:lle. Tuotteiden omistus pysyy koko prosessin ajan MFI:lla. Tuotteiden kalibrointi, testaus ja pakkaus toteutetaan MFI:lla.



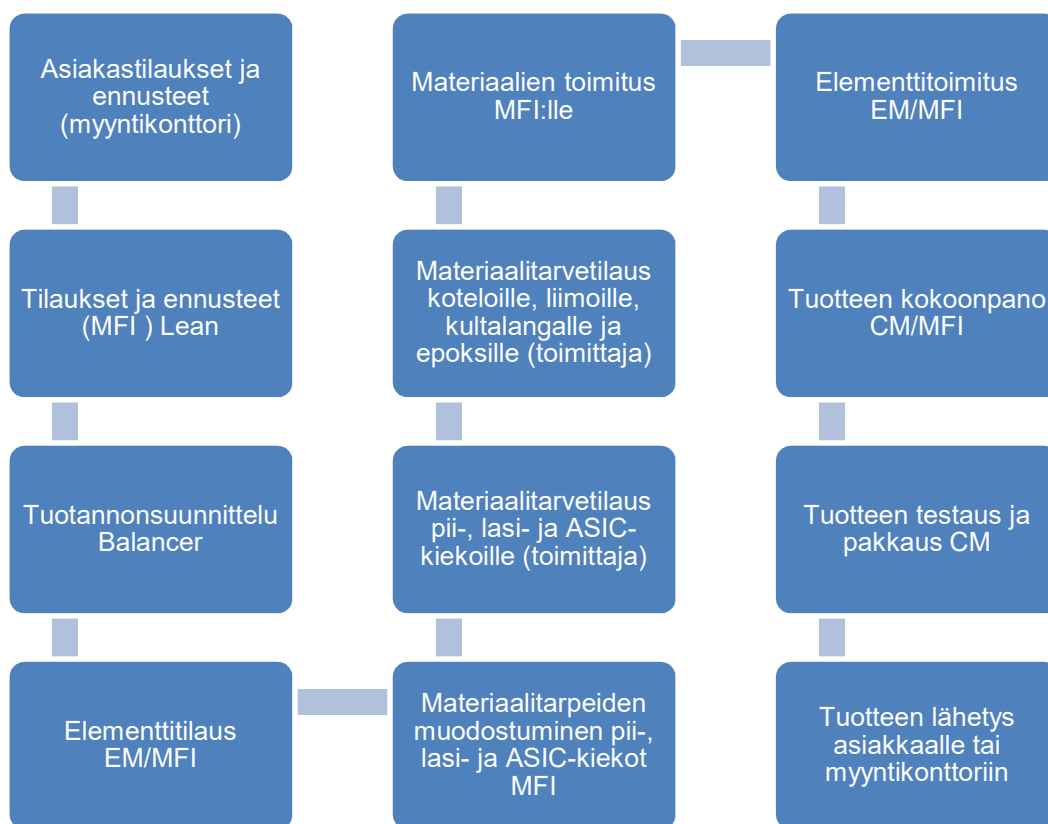
Kuva 20. MFI:n toimitusketju.

5.6 Tuotannonsuunnittelu tulevaisuudessa

MFI:n tuotannonohjausjärjestelmä integroidaan alihankkijan järjestelmään käyttäen RosettaNet-tiedonsiirtostandardia. Näin ollen MFI:ssa voidaan reaaliaikaisesti seurata eri materiaalivirtoja ja tuotantoa. Alihankkijan kanssa sovitaan tuotevarastojen enimmäis- ja vähimmäisrajoista, jolloin alihankkijalla on jatkuvasti varmuusvarasto olemassa.

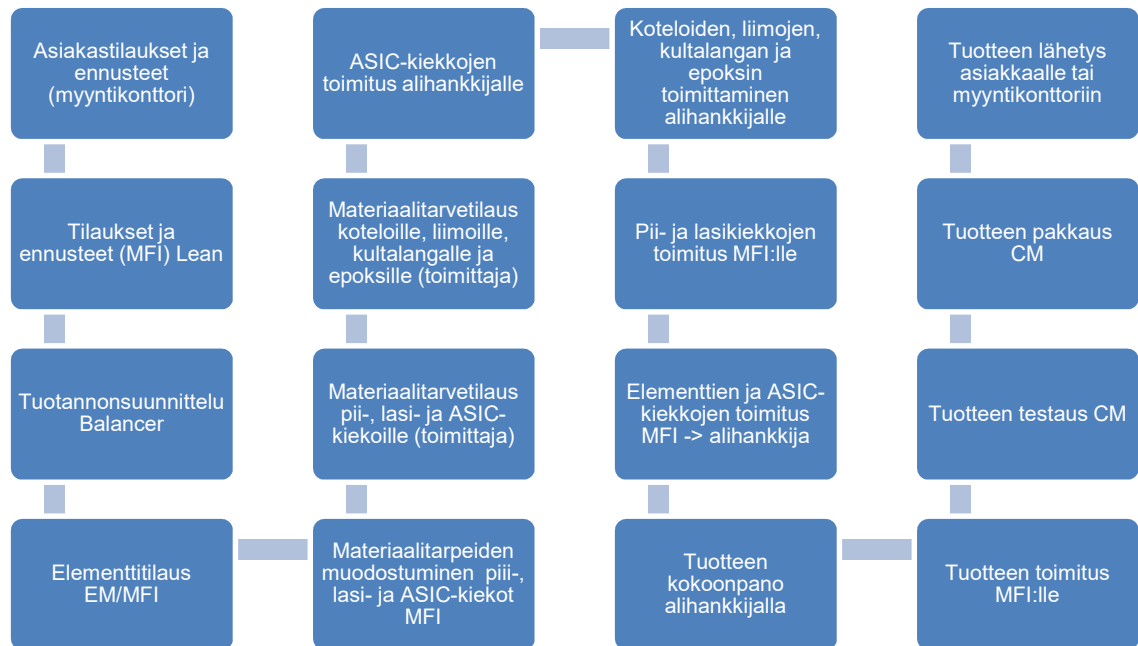
Valmistusimpulssi lähtee Muratan myyntikonttorin myyntiennusteiden ja tilausten perusteella. Sieltä tieto siirtyy MFI:n USSO:oon. Tiedot siirtyvät sieltä Leaniin. Tämän jälkeen tilaustieto siirtyy Balanceriin, jossa tuotannonsuunnittelun pohjalta muodostuvat tarpeet valmistuksessa käytettäville materiaaleille. Samalla muodostuu talon sisäinen elementtitilaus ja tarve tuotteelle. Tuotteen tarvetiedot (ennusteet ja tilaukset) siirtyvät takaisin Leaniin. Tavarantoimittajille tehdään tarvittavat tilaukset. Tämän jälkeen tarvittavat elementit valmistetaan ja siirretään komponenttivalmistukseen. Tuote kokoonpannaan, testataan ja pakataan. Tämän jälkeen tuote lähetetään joko myyntikonttoriin

tai suoraan asiakkaalle USSO:n kautta. Kuvassa 21 on esitetty materiaалitarpeiden muodostuminen karkealla tasolla ennen ulkoistusvaihetta (nykytilanne).



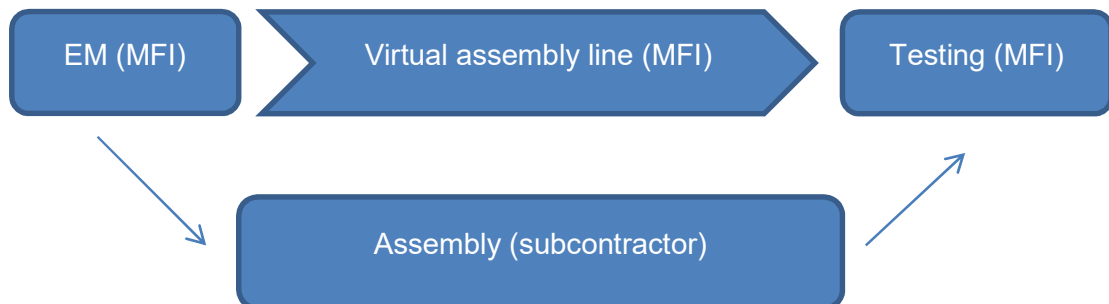
Kuva 21. Materiaalitilaukset muodostuminen ennen ulkoistusvaihetta.

Ulkostusvaiheessa valmistusimpulssi lähtee edelleen myyntikonttorista myyntiennusteiden perusteella. Elementtitilaukset ja tuotteen tarpeen muodostuksen jälkeen tieto siirtyy MFI:ssä integraation kautta alihankkijan tuotannonohjausjärjestelmään. Myös ennusteet siirtyvät alihankkijan järjestelmään. Näiden tietojen perusteella alihankkija osaa varautua valmistamaan tietyn määrän tuotetta. Kokoonpanossa ja ylivalussa tarvittavat materiaalit toimitetaan MFI:n sijasta suoraan alihankkijalle. Pii- ja lasikiekoit toimitetaan edelleen MFI:lle. Tuotteen kokoonpanossa tarvittavat ASIC-kiekoit lähetetään suoraan alihankkijalle. Alihankkija suorittaa kokoonpanovaiheen ja ylivalua komponentin ja lähettää sen MFI:lle. Tilauksen valmistuttua tieto siirtyy takaisin MFI:lle Leaniin. Komponentti testataan ja pakataan. Pakkauksen ja lähetyksen yhteydessä tilaustieto siirtyy USSO:oon ja siitä eteenpäin myyntikonttoriin. Kuvassa 22 on kuvattu tilanne karkealla tasolla.



Kuva 22. Materiaalitarpeiden muodostuminen ulkoistusvaiheessa.

Toiminnanohjausjärjestelmään rakennetaan virtuaalinen kokoonpanolinja (kuva 23), jolloin järjestelmä käsittelee kokoonpanoa samoin kuin jos se olisi talon sisällä. Ulkoistetun kokoonpanolinjan kapasiteettia säädetään samalla tavalla verrattuna talon sisällä olevaan tuotantolinjaan. Tuotteiden fyysiseen liikkumiseen varatut ajat hoidetaan järjestelmässä viiveillä.

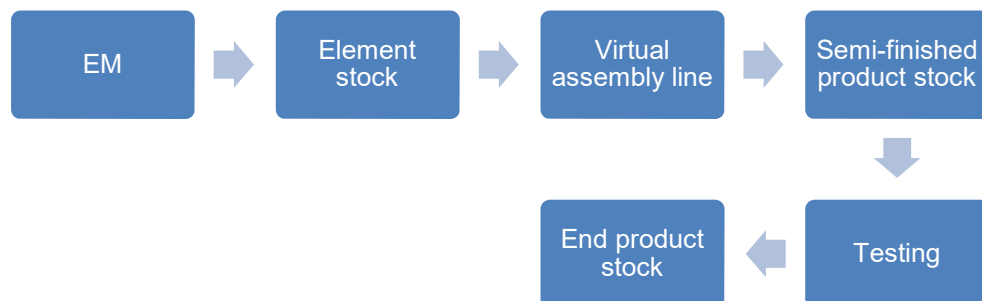


Kuva 23. Kokoonpano tietojärjestelmän näkökulmasta.

Tieto liikkuu alihankkijan ja MFI:n järjestelmien välillä useita kertoja ulkoistusputken aikana. Ensimmäisen kerran tieto siirtyy MFI:lta alihankkijalle, kun tilausennusteet lähetetään. Kun elementit valmistuvat MFI:lla elementtituotannon varastoon, sieltä lähtee ASN (Advance Shipping Notification) -viesti alihankkijalle. Samalla myös elementtikie-

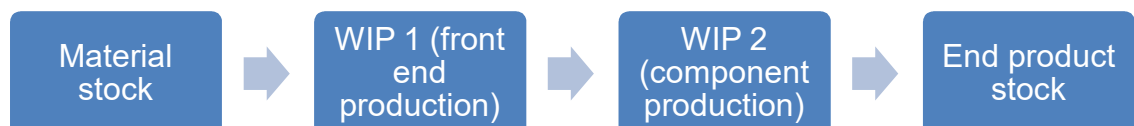
kojen kiekkokartat siirtyvät sähköisesti alihankkijalle. Elementit siirtyvät alihankkijan materiaalivarastoon. Kun vastaanottotarkastus on tehty, siirtyy siitä tieto MFI:lle.

Kuvassa 24 on karkealla tasolla esitetty tietojärjestelmään rakennetut MFI:n varastot. Valmiit elementit siirtyvät elementtivarastoon (element stock), josta ne lähetetään alihankkijalle. Tässä vaiheessa tieto tuotteiden tilasta siirtyy virtuaaliseen kokoonpanolinjaan (virtual assembly line). Fyysisesti tuotteet ovat tässä vaiheessa alihankkijalla. Tuotteiden saavuttua takaisin MFI:lle, ne siirtyvät puolivalmisteverastoon (semi-finished product stock). Siitä tuotteet jatkavat testauksen kautta lopputuotevarastoon.



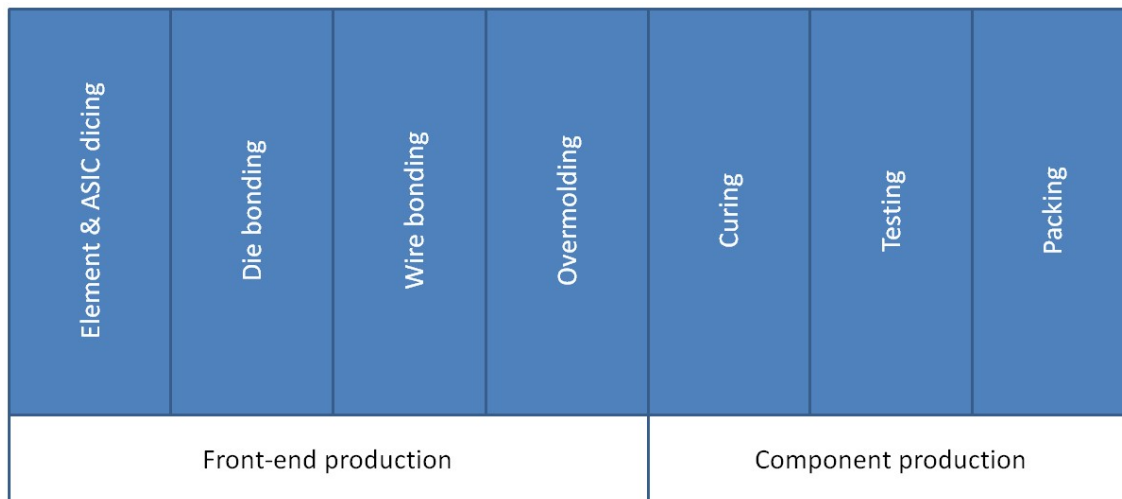
Kuva 24. Valmistus MFI:lla.

Alihankkijalle saavuttuaan materiaalit siirtyvät materiaalivarastoon (material stock). Keskeneräisen tuotannon varasto on jaettu kahteen osaan, KET (keskeneräinen tuotanto) 1:een ja KET 2:een. Kun tuotteet siirtyvät KET 1:een, luodaan aloitetusta erästä statustieto, joka siirtyy MFI:lle. Kun erän valmistus lopetetaan, myös tästä siirtyy tieto MFI:lle. Sama toistetaan siirryttäessä KET 2:een. Tämä mahdollistaa jokaisen erän seuraamisen MFI:n päässä. Lisäksi myös hylkytuotteista siirtyy tieto MFI:lle. Tämän jälkeen tuotteet siirtyvät lopputuotevarastoon. Tämä on havainnollistettu kuvassa 25.



Kuva 25. Valmistus alihankkijalla.

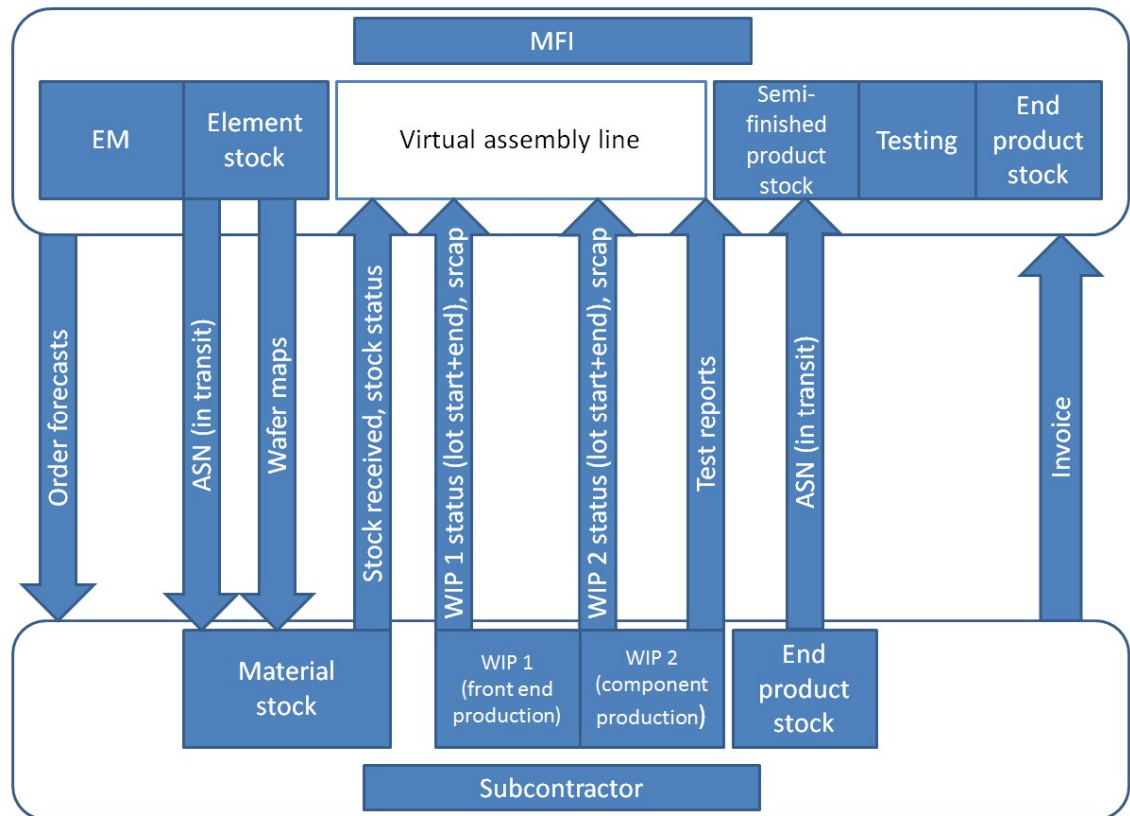
Tuotteiden testaustiedot ja ASN-viesti siirtyvät MFI:lle ja tuotteet lähetetään MFI:lle. Tiedonsiirto MFI:n ja alihankkijan välillä päättyy laskutukseen. Ulkoistusputken tarkempi jako eri työvaiheiden välillä on esitetty kuvassa 26.



Kuva 26. Ulkoistusputkessa olevan KET-linjan tarkempi jako.

Tuotannonohjausjärjestelmän avulla pystytään siis tarkkailemaan tuotannon tilaa erätarkkuudella. Lisäksi alihankkijalla olevia materiaaivarastoja pystytään seuraamaan tarkasti. Materiaaivarastot ovat kaupintavarastoja, eli kaikkien materiaalien omistus on MFI:lla. Kaupintavarastojen hallinta voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla, joko niin, että varastohallinta on alihankkijan tehtävä (CMI, customer managed inventory), tai siten, että MFI hallitsee varastoja (VMI, vendor managed inventory). Ulkoistusputken osalta MFI tulee hallitsemaan kaupintavarastoa. Varastoihin määritellään tietty riitto, tässä tapauksessa joitakin viikkoja. Tieto alihankkijalla olevista lopputuotevarastoista saadaan myös järjestelmästä. ASN-tietojen perusteella pystytään tarkkailemaan matkalla olevia materiaaleja ja tuotteita.

Kuvassa 27 on esitetty tuotannonohjausjärjestelmä ja sinne rakennettu virtuaalinen tuotantolinja. Kuvassa on myös esitetty ne pisteet, joissa tieto liikkuu MFI:n ja alihankkijan välillä.



Kuva 27. Tietojen liikkuminen ulkoistusputkessa.

Anturikomponentin kokoonpanon tuotannonsuunnitteluun ja -ohjaukseen ei tule varsinaisesti muutoksia ulkoistuksen jälkeen. Koko projektin lähtökohtana on ollut rakentaa ulkoistusputki niin, ettei tuotannonohjausjärjestelmään tarvitse tehdä muutoksia. Tähän on päästy siten, että järjestelmän kannalta ulkoistusvaihe tulee näkymään virtuaalivarastoina. Kuljetukseen kuluvat viiveet määritetään tuotannonsuunnitteluohjelmaan. Kapasiteettia alihankkijan päässä voidaan nostaa tai laskea ilman, että se vaikuttaa kuljetusviiveeseen. Yhteys alihankkijan tietojärjestelmään ei ole jatkuva, vaan tilauskanta päivitetään esimerkiksi kerran päivässä. Tarpeen tullen tilauskantaa ja siitä syntyvää työjärjestystä voidaan muuttaa esimerkiksi poikkeustilanteiden varalta.

5.7 Tulokset

Murata Electronics suunnitteli muuttuviin asiakastarpeisiin kokoonpanotavaltaan uudenlaisen tuotetyypin. Todettiin, ettei tuotetyypin kokoonpano onnistu nykyisillä tuotantolinjoilla. Testaus ja pakkaus sen sijaan onnistuisivat nykyisillä tuotantolinjoilla. Nyky-

sen tuotantokapasiteetin kasvattaminen tai uusien tuotantolinjojen rakentaminen todettiin tässä vaiheessa mahdottomaksi.

MFI:lle oli erityisen tärkeää, ettei nykyiseen tuotannonohjausjärjestelmään tule muutoksia, vaan tuotannonohjaus pystytään hoitamaan samalla tavalla kuin tähänkin asti. Yrityksen tuotannonohjausjärjestelmä on ainutlaatuinen, kun kaksi erilaista tuotantoympäristöä toimii saman järjestelmän alla. Prosessit ovat erittäin herkkiä muutoksille, joten tästä syystä muutoksia järjestelmään ei haluttu.

Yritys valmistaa hyvin turvallisuuskriittisiä komponentteja. Yritykselle on tärkeää, että komponentit ja materiaalit pysyvät yrityksen omistuksessa koko ulkoistusputken ajan. Tällä tavoin halutaan taata katkeamaton materiaalien ja työvaiheiden jäljitettävyyden laatuongelmien varalta. Tämä ei ole ainoastaan MFI:n tahtotila, vaan myös asiakasyritysten vaatimus.

Osa kokoonpanossa käytettävistä materiaaleista on tarkkaan spesifioitu, ja ne ovat valmistuksen kannalta kriittisiä, jolloin on tärkeää, että MFI hallitsee niitä ulkoistuksen ajan. Kokoonpanossa käytettävät elementit valmistetaan edelleen MFI:lla.

5.8 Johtopäätelmät

Yritys päätyi ulkoistamaan kokoonpanon useiden auditointien jälkeen indonesialaiseen kokoonpanoyritykseen. Tässä vaiheessa päädyttiin yhteen alihankkijaan. Prosessi oli työläs, sillä turvallisuuskriittisten komponenttien valmistaminen vaatii tiukat auditoinnit.

Suurin muutos koskee tuotannonohjausjärjestelmää. Järjestelmään rakennetaan virtuaalinen tuotantolinja, jonka ohjaaminen on mahdollista MFI:sta käsin. Järjestelmä integroidaan alihankkijan järjestelmään. Tietojärjestelmästä ei rakenneta täysin reaaliaikaista, vaan tietyin väliajoin päivittyvä. Tällöin järjestelmään voidaan määritellä tietyt pisteet, jolloin tieto tuotteen etenemisestä päivittyy järjestelmään. Näin ollen tuotannonohjaukseen ei tarvitse tehdä muita muutoksia, vaan se onnistuu samoin kuin aiemmin. Lisäksi tuotteiden jäljitettävyyden ei katkeaisi missään vaiheessa.

Tilaus-toimitusketjun muutokset koskevat pääasiassa tavarantoimittajien materiaaleja. Tarvittavat materiaalit toimitetaan jatkossa suoraan alihankkijalle, jolloin vältetään turha

välitoimitus MFI:lle. Kriittiset materiaalit saatetaan ainakin alkuun toimittaa MFI:n kautta. Elementtien valmistus pysyy edelleen MFI:lla, jolloin elementit siirtyvät MFI:lta alihankkijalle. ASIC-piirit sahataan alihankkijalla.

6 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli selvittää, miten ulkoistaminen vaikuttaa yrityksen tuotannonohjaukseen, tuotannonohjausprosesseihin ja niihin liittyviin järjestelmiin. Useiden auditointien jälkeen päädyttiin indonesialaiseen alihankkijaan. Tuotannonohjaukseen ei haluttu tehdä suuria muutoksia, jolloin ongelma ratkaistiin rakentamalla virtuaalinen kokoonpanolinja. Se näyttää tuotannonohjausjärjestelmässä aivan samanlaiselta kuin MFI:n oma tuotantolinja. Tällöin ei tarvita mitään muita muutoksia yrityksen tuotannonohjausjärjestelmään. Tuotantoa voidaan käytännössä ohjata samalla tavalla kuin nykyistäkin linjaa. Tarpeet määritellään edelleen Muratan myyntikonttoreiden lähettämien tilausten ja tilausennusteiden pohjalta. Tarvittava tieto siirtyy integraation kautta alihankkijalle.

Suurin osa tuotannosta pysyy edelleen MFI:ssa. Muuttuviin asiakasmarkkinoihin on syytä pystyä vastaamaan nopeallakin aikataululla. Tällöin ulkoistus saattaa olla kannattavin vaihtoehto. Autoteollisuudessa sovellusten elinkaari on kuitenkin suhteellisen pitkä, sillä päästäkseen autotuotantoon on komponentin läpäistävä pitkät ja yksityiskohtaiset testit. Sovelluksissa käytettäviä komponentteja ei vaihdeta näin ollen kovinkaan usein.

Ulkoistamisen hyviin puoliin lukeutuu myös mahdollisuus osaamisen kartuttamisen yhteistyössä alihankkijan kanssa. Kun pystytään keskittymään paremmin omaan ydinosaamiseen, voidaan parempien tuotteiden kautta kasvattaa markkinaosuutta. Lisäksi ulkoistaminen mahdollistaa tuotetarjonnan kasvattamisen. Kun uusi tuotantolinja ei sido talon sisäisiä resursseja, voidaan tästä vapautuva työpanos sijoittaa teknologian kehittämiseen.

Alihankkijalla tapahtuvat laatupoikkeamat voivat olla ongelma, sillä ainakin osittain joudutaan toimimaan tiettyjen varmuusvarastojen kanssa. Siinä vaiheessa kun mahdolliset laatupoikkeamat havaitaan, on riskinä, että kaikki varastoon valmistetut tuotteet ovat poikkeavia. Haasteena tällaisessa tilanteessa on löytää laatupoikkeaman aiheuttaja ja saada tilanne normalisoitua mahdollisimman pian. Mahdolliset tuotteiden versionvaihdot tulee saada hallitusti läpi, sillä riskinä on eri versioiden sekaantuminen keskenään. Jotta mahdolliset tilanteet saadaan normalisoitua mahdollisimman nopeasti, tullaan alihankkijan yritykseen sijoittamaan MFI:n laatuinsinööri (resident engineer).

Yhden alihankkijan kanssa toimiminen on riski. Koska tuotteet ovat hyvin ei-standardoituja, ei toiseen alihankkijaan vaihtaminen tapahdu nopeasti. Olisi tietenkin mahdollista ottaa jo tässä vaiheessa toinen alihankkija, mutta koko ulkoistuskuvion rakentaminen kahden yrityksen kanssa tulisi huomattavan kalliiksi.

Paljon on vielä asioita ratkaisematta, kuten esimerkiksi syntyvien hylkytuotteiden korvaus. Prosessit on kuitenkin hiottu tässä vaiheessa niin pitkälle kuin mahdollista. MFI:lla on aikaisempaa kokemusta työvaiheen ulkoistamisesta alihankkijalle, joten aivan tuntemattomaan maailmaan ei olla matkalla.

Lähteet

Basu Ron & Wright J. Nevan. 2008. Total Supply Chain Management. Elsevier.

ERP Toiminnanohjausjärjestelmän ostajan opas PK-yrityksille. 2013. Verkkodokumentti. Profiz Business Solutions. <<http://www.profiz.com/pdf/ERP-Ostajan-opas.pdf>> Luettu 14.3.2014.

Haverila Matti, Uusi-Rauva Erkki, Kouri Ilkka & Miettinen Asko. 2009. Teollisuustalous. Infacts.

Historia. Verkkosivut. Murata Electronics Oy.
<<http://www.murataelectronics.fi/fi/murata/murata-electronics-oy/historia>> Luettu 20.4.2014.

Karrus Kaij. 2001. Logistiikka. WSOY

Käyttöohje 5.3. Lean System Process Balancer.

Krajewski Lee, Ritzman Larry & Malhotra Manoj. 2013. Operations Management. Pearson.

Laatupassi. Murata Electronics Oy.

Lehtonen Juha-Matti (toim.). 2008. Tuotantotalous. WSOY Oppimateriaalit.

Liker, Jeffrey K. 2010. Toyotan tapaan. Readme.fi.

Murata Electronics Oy Supply Chain Management. Murata Electronics Oy.

Murata Finland Production Planning. Murata Electronics Oy.

Ritvanen Virpi, Inkiläinen Aimo, von Bell Anders & Santala Jouko. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Suomen Huolintaliikkeiden Liitto ry. Suomen Ostaja Logistiikkayhdistys LOGY Ry.

Schroeder Roger, Goldstein Susan & Rungtusanatham M. Johnny. 2013. Operations Management in the Supply Chain. McGraw-Hill.

Singh Jagdeep & Singh Harwinder. 2009. Kaizen Philosophy: A Review of Literature. ICFAI Journal of Operations Management. May 2009, Vol. 8 Issue 2, s. 51–72.

Slack Nigel, Chambers Stuart & Johnston Robert. 2010. Operations Management. Financial Times Prentice Hall.

Supply Chain Process. 2013. Prosessikuvaus. Murata Electronics Oy.

Tuominen Kari. 2010. Lean - Kohti täydellisyyttä. Readme.fi